Fisheries and Oceans | Pêches et Océans
Maritimes Region

DFO Maritimes Regional
Habitat Status Report 99/1 E

Interaction Between Wild and Farmed Atlantic Salmon in the Maritime Provinces

Background

Farming of Atlantic salmon in floating sea cages began in Norway in 1969. Research in Passamaquoddy Bay, New Brunswick, finally led to Maritime Canada's first harvest of 6 t in 1979. In 1997, there were 91 marine farms with a harvest of 20,310 t. This Maritimes and Newfoundland production of farmed Atlantic salmon in 1997 accounted for 40% of Canada's production of farmed Atlantic salmon and about 3% of the world production of 486,000 t.

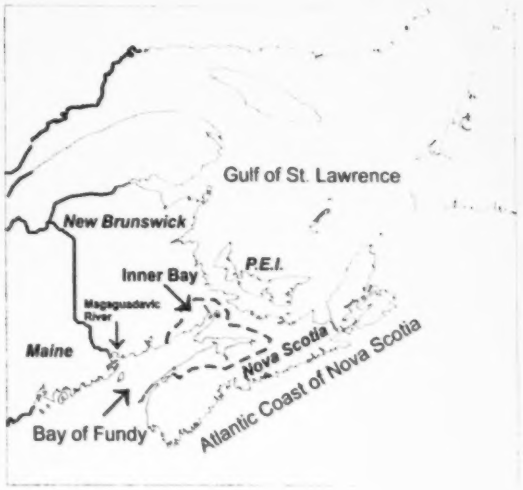
Close to 95% of the Maritimes production comes from New Brunswick marine salmon farms located in the Passamaquoddy and Grand Manan areas of the western Bay of Fundy. Production in this area (18,600 t) is enhanced by a further 12,000 t by farms located just across the border in Maine.

Wild salmon returns to Maritime rivers have been declining and currently are exceptionally low in those rivers emptying into the Bay of Fundy. Reasons for the low returns are unknown.

There have been many reports, both locally and internationally, of interactions between wild and farmed salmon. The subject has been reviewed and discussed at international symposia and workshops. It has attracted considerable controversy and has been the subject of much debate. Although some protocols and regulatory controls are in existence to protect the wild salmon stocks, controversy exists as to their necessity on one hand and their adequacy on the other hand.

The following terms are used in this report:

Farmed salmon - a salmon whose parents have been kept in culture for their entire life cycle.
Escapee - a farmed salmon that has escaped.
Wild salmon - a salmon that is not a farmed salmon.
Fitness (viz. Darwinian or relative fitness) - the number of offspring contributed to the following generations by an individual of one genotype (e.g., farmed salmon stock) compared to the number contributed by another genotype (e.g., wild salmon stock).
Introgression - the addition or influx of genes from one gene pool or complex (e.g., farmed salmon strain) into another (e.g., wild salmon stock), through interbreeding and backcrossing.



Summary

- The Atlantic salmon farming industry in the Maritime Provinces plus Newfoundland produces slightly more than 20,000 t annually. Close to 95% of the production comes from marine cages concentrated in the western part of the Bay of Fundy; the remainder comes from four areas in Nova Scotia and one in Newfoundland. (Maine's annual farmed production is about 12,000 t.)

- Within the Maritime Provinces, there are more than one hundred and fifty rivers with reported Atlantic salmon catches. Stocks of rivers emptying into the southern Gulf of St. Lawrence are generally at medium levels of abundance with many declining, while stocks of the Atlantic coast of Nova Scotia and Bay of Fundy are generally at low abundance levels and declining.

February 1999

Canada

- The persistent failure of stocks in some areas of the Maritimes to achieve their conservation requirements has resulted in the progressive closures of Atlantic salmon in-river fisheries beginning with the closure of the inner Bay of Fundy rivers in 1990, and culminating in 1998 with the most restrictive in-river fishery management to date.

- Evidence exists for farmed salmon escaping into the marine ecosystem and then ascending rivers. Evidence also exists of escaped farmed juvenile salmon entering rivers directly and migrating to sea. Impacts have not been examined in Atlantic Canada and although suspected locally, lack of research prevents conclusions.

- Documented local interactions, evidence of genetic and behavioural interactions between escapees and wild salmon in Europe, predictions of a regional model assessing risk, and the potential for negative interactions, warrant the **application of the Precautionary Approach** for management of Maritime salmon stocks and their interaction with escaped farmed salmon. Low stock levels in several rivers, the causes of which may be many, provide further justification of this approach.

- Considering the potential for interaction between wild and farmed salmon, there is **a need to manage watersheds and their bays as single management units**, involving all parties interested in wild or farmed salmon in the area, working co-operatively. In the case of the western Bay of Fundy, this would include similar interests in the U.S.A.

- Priority action items to minimize the risks of interactions between wild and farmed salmon include:

  - Improving containment;
  - Improving fish health management;
  - Upgrading policy for introductions and transfers of fishes and improving related enforcement;
  - Enhancing education and training of aquaculture workers;
  - Maintaining wild stocks at or above their conservation requirements;
  - Continuing the use of local stocks as donors, where possible, for currently practiced aquaculture, or using any strains if rendered sterile or properly contained; and
  - Incorporating risk analysis into the process for siting hatcheries and farms.

- Areas of research recommended include:

  - Developing risk analysis methodologies and applying them to assess potential impacts on wild salmon stocks;
  - Investigating interactions between wild and farmed salmon in marine and freshwater environments, and determining the impacts on wild salmon; and
  - Determining the behaviour and fate of salmon escaping from marine farms.
  - Developing and testing engineering and design information to improve containment in both marine farms and freshwater hatcheries;
  - Developing technology for producing sterile salmon suitable for farming;

- Accelerating genetic improvement of local aquaculture salmon strains using molecular technology; and
- Upgrading fish health information and procedures (particularly pertaining to wild fish health status, mechanisms of disease transfer and diagnosis).

The Issue

Concern exists that farmed salmon are interacting and adversely impacting on the production and sustainability of the wild Atlantic salmon stocks of the Maritime Provinces. The objectives of the special workshop convened to review this issue were to assess potential impacts on wild salmon stocks, and to recommend ways of minimizing any risks identified.

The workshop addressed the following questions:

- Are farmed salmon interacting with wild Atlantic salmon in the Maritime Provinces?
- If so, what are the impacts on the wild salmon stocks?
- What should be done to minimize the risks of these impacts?

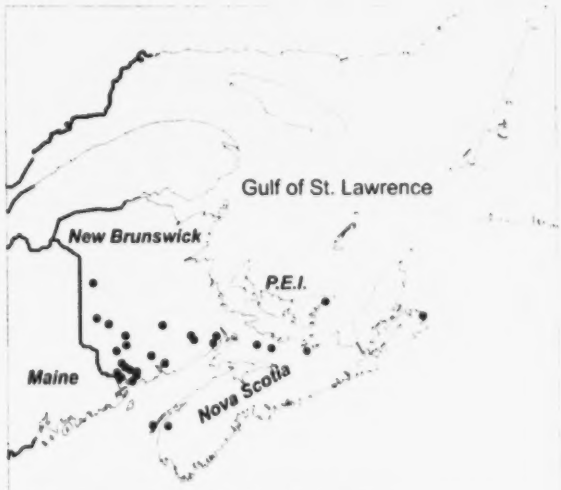
Although the review was confined to the Atlantic salmon farming industry and the wild stocks of the Maritime Provinces, it is expected that some of the conclusions and recommendations are applicable to other species and areas.

The Salmon Farming Industry

Maritime Provinces

In 1997, there were 30 hatcheries producing smolts for aquaculture in the Maritimes: 23 in New Brunswick and 7 in Nova Scotia. There was also one hatchery on Prince Edward Island producing Atlantic salmon eggs and parr.

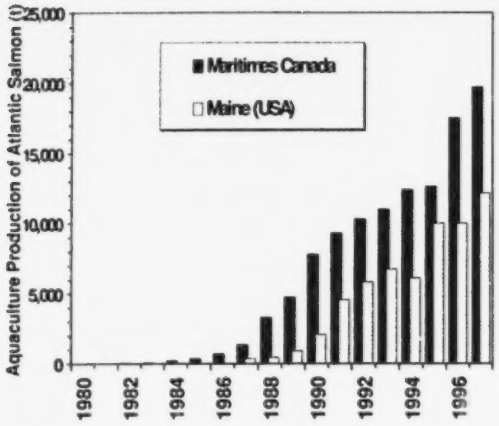
Grow-out of farmed salmon to market size is done in sea cages located in nearshore marine sites. The first successful grow-out trial in the Maritimes began in 1978 at an experimental site off Deer Island in southwestern New Brunswick. By 1997, the total Maritimes and Newfoundland production of farmed Atlantic salmon reached 20,310 t, with a value of approximately $145 million.



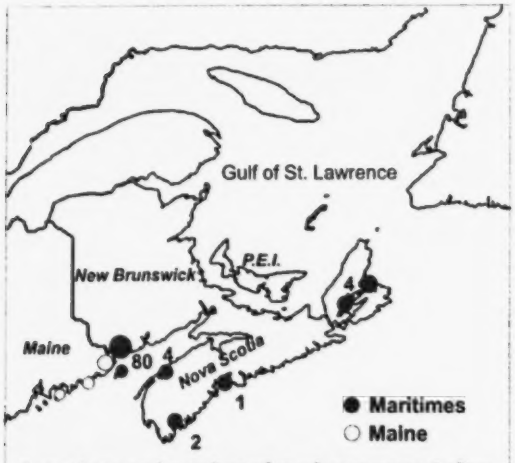
Locations of hatcheries producing Atlantic salmon for aquaculture in the Maritimes

Production in the Maritimes represents 39% of the Canadian farmed Atlantic salmon production. British Columbia is the largest producer of farmed Atlantic salmon in

Canada (60%) and Newfoundland produces the remaining 1% (610t). The total Maritimes production of farmed salmon represents 3% of the world farmed Atlantic salmon production.



This production was obtained from 80 marine grow-out sites in southwestern New Brunswick (18,600 t; 94% of total), plus 11 sites in Nova Scotia (1,100 t; 6% of total). Assuming an average harvest size of 4 kg per fish, this means that there were approximately 5 million market size fish harvested from sea cages in the Maritimes in 1997.



Locations and number of marine grow-out sites

There were also five brackish water smolt acclimation sites in southwestern New Brunswick. Steelhead (*Oncorhynchus mykiss*) are also being grown in at least two sites in southwestern New Brunswick and nine sites in Nova Scotia.

In 1998, as a result of an outbreak of the viral disease "Infectious Salmon Anemia" (ISA) in southwestern New Brunswick, 21 sites in the three bays initially infected (Lime Kiln Bay, Bliss Harbour, and Seal Cove) were fallowed, and five new sites were approved to accommodate the 1998 smolt production. Other sites where ISA has been detected are currently being harvested and fallowed.

Maine, USA

Atlantic salmon farming operations began in Maine in 1982 and the first harvest of 20 t occurred in 1984. The current Maine industry is composed of twelve companies that operate 33 sea cage sites with 773 cages on about 800 acres of leased water, five freshwater smolt rearing hatcheries, and five fish processing plants. More than 4.0 million smolts are stocked into sea cages each year, and the annual harvest now exceeds 12,000 t. About 90% of the Maine production occurs within 50 km of the Canadian border.

The three salmon stocks currently utilized originated from the Penobscot River (Maine), the Saint John River (New Brunswick), and from Scotland (introduced between 1989 and 1995 and primarily composed of various Norwegian strains, often referred to as Landcatch, after the name of the company that supplied the stocks used). Milt of Norwegian origin (imported via Iceland) has also been utilized in 1997 and 1998. Pure and/or hybridized

strains with European genetic influences now account for approximately 30-50% of production fish in Maine.

Atlantic Salmon Breeding Program

The first directed breeding program in **New Brunswick** was designed to evaluate genetic components relating primarily to sea ranching. As the aquaculture industry developed, the program changed its emphasis to include the evaluation of the suitability of local strains for sea cage culture. The availability and superior performance of the Saint John stock resulted in its preferred use for commercial production.

Recently, the New Brunswick industry's Atlantic Salmon Broodstock Development Program has focused on family selection to improve the Saint John strains for aquaculture performance. Individual corporate breeding programs continue to carry out mass selection. Disease has resulted in loss of broodstocks and thereby impeded progress in breeding. The hatchery performance of the Saint John and Landcatch (European) strains was recently compared but the results are inconclusive.

In **Nova Scotia**, there is no structured provincial breeding program. Individual farming companies have relied on a combination of imported-Saint John stock and local stocks for broodstock. The Newfoundland industry has used mainly imported Saint John stock.

Domestication of farmed fish is occurring with each generation of breeding for traits desirable to the industry. With domestication, the ability of farmed salmon to survive and reproduce in the wild should decrease. However, the strains utilized in the industry are generally four generations or less removed from the wild stocks and still quite capable of interacting with wild salmon as noted by their presence in rivers with hatcheries and near marine farms.

Historically, **Maine** salmon farming companies have had greater access to non-local stocks than have Canadian companies. Each Atlantic salmon aquaculture company in Maine has developed its own breeding program, consisting of mass selection from both North American and European strains available to the industry.

The Status of Wild Salmon Stocks

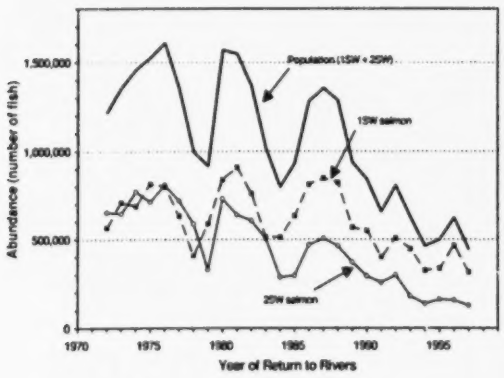
Status of Stocks in the Maritimes

Within the Maritime Provinces, there are more than 150 rivers with reported Atlantic salmon populations. Populations are characterized by differences in life history traits including freshwater residence time, age at maturity, and the extent of ocean migrations.

There are important geographic distinctions in the stock status of Atlantic salmon in the Maritime Provinces. The stocks of the Bay of Fundy and Atlantic coast of Nova Scotia have declined to low levels with reduced recovery potential because of declines in juveniles. Hatchery-origin fish have increased proportionally to wild salmon as the wild salmon abundance has declined.

The stocks of the southern Gulf of St. Lawrence have also shown declines in recent years but juvenile abundance in these rivers are at medium to high levels and most rivers have approached or exceeded their conservation requirements.

The total population of one-sea-winter (1SW) and two-sea-winter (2SW) Atlantic salmon in the northwest Atlantic has oscillated around a generally declining trend since the 1970s, and the abundance recorded in 1993-1997 was the lowest in the time series. These fish comprise most of the wild Atlantic salmon produced in the more than 550 North America rivers.



Escapements Relative to Conservation

Evaluation of the status of stocks in rivers of the Bay of Fundy and the Atlantic coast of Nova Scotia indicate that more than half of rivers assessed in 1996 and 1997 had egg depositions that were less than 50% of conservation requirements. Bay of Fundy rivers were at or below 25% of their conservation requirements in 1997.

Enhancement origin fish make up significant proportions of the total returns of adult salmon to several of the rivers along the Atlantic coast of Nova Scotia and in the Bay of Fundy. In the Saint John River (at Mactaquac), the proportion of hatchery fish in the returns has increased as the abundance of wild salmon has declined and in 1998 was about 80% hatchery origin.

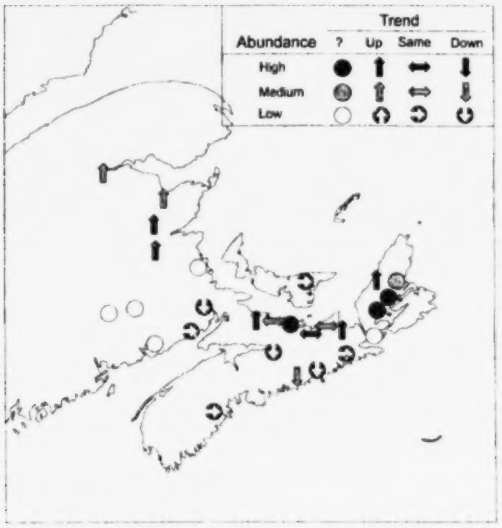
Achievement of conservation objectives was better in the southern Gulf of St. Lawrence rivers where 10 of 18 rivers assessed in 1997 met or exceeded their conservation requirements with only one river having egg depositions less than 50% of its requirement.

The persistent failure of stocks in some areas of the Maritimes to achieve the conservation requirements has resulted in the progressive closures of salmon in-river fisheries. These began with the closure of the inner Bay of Fundy rivers in 1990 and culminated in 1998 with the most restrictive measures to date, when retention fisheries for small salmon were allowed only in southern Gulf of St. Lawrence rivers. Maritime commercial salmon fisheries have been closed since 1984.

Wild Juvenile Salmon Abundance

Juvenile densities increased through the 1980s and early 1990s in the southern Gulf of St. Lawrence and abundance is now at medium to high levels. In the Atlantic coast of Nova Scotia and Bay of Fundy rivers, juvenile levels are low and in some cases continue to decline as evidenced in the Stewiacke River where densities in 1997 were the lowest on record.

These juvenile abundance patterns parallel those of the adults. When both adult and juvenile abundance becomes depressed, as they are in rivers along the Atlantic coast of Nova Scotia and particularly in Bay of Fundy rivers, the time needed for recovery increases while the recovery potential decreases.



Status of the Inner Bay of Fundy Stocks

The salmon stocks of the inner Bay of Fundy rivers are different from the other North American salmon stocks in their migration and life history traits. Currently, salmon returns to inner bay of Fundy rivers are at an all time low.

This unique grouping of salmon stocks is supported by at least thirty-three rivers, situated at the upper end of the Bay of Fundy. Conservation requirements for these stocks total about 10,000 salmon. Some of these rivers received hatchery stocking of non-native stocks prior to 1970.

The marine migration of these stocks is local and their marine survival is highly variable. Tag recoveries of wild or hatchery inner Bay of Fundy salmon indicate that both post-smolts and adult salmon utilize the Bay of Fundy for a major portion of their marine migrations and do not migrate to the Labrador Sea as do other salmon stocks. A high proportion mature after only one winter at sea. Variable survival is compensated by high survival between repeat spawning occasions.

The inner Bay of Fundy salmon have a history of periodic high and low abundance. The most recent high population abundance of inner Bay of Fundy salmon was observed in the mid-1980s. Since, returns to these rivers have declined to record lows during the 1990s and currently few wild Atlantic salmon of any age are present in the rivers of the inner Bay of Fundy.

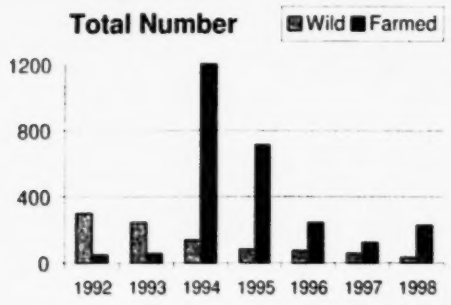
Status of the Magaguadavic River Stock

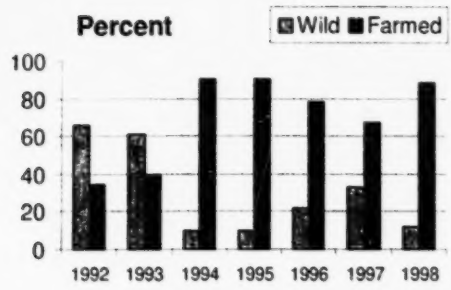
Salmon of the Magaguadavic River are an outer Bay of Fundy stock which, like their counterparts, migrate to the Labrador Sea. This river empties into the Passamaquoddy Bay where a large proportion of the New Brunswick marine farms are located, and three of the industry's hatcheries are situated on the river.

Returns of wild salmon to the Magaguadavic River are desperately low. Irregular fish ladder counts, conducted between 1983 and 1988, recorded 638 to 940 fish returning annually; a small number of these in 1983 were strays from the Salmon Genetics Research Program carried out by the Atlantic Salmon Federation at Chamcook.

Numbers in the spawning run have been determined annually since 1992, and have steadily declined from 293 to only 31 fish in 1998. Concomitantly, egg deposition has fallen from 80% of the conservation requirement in 1992 to 2.3% in 1998. The abundance of wild juvenile salmon is very low at most sites in the watershed (except in a number of streams below or near commercial hatcheries). In recognition of the critical state of the wild Magaguadavic

stock, a special program was initiated in 1998 to preserve the wild stock's genes by cryopreserving (freeze storing) sperm collected from wild males.





Factors Potentially Affecting Wild Salmon Abundance

Wild salmon production and abundance is potentially constrained or impacted by a wide range of factors. **Freshwater production** is significantly constrained in the Bay of Fundy and Atlantic coast of Nova Scotia rivers by inefficient fish passage and various forms of habitat degradation. Fish passage constraints at hydroelectric dams impact on both smolts migrating to sea and adults returning in at least seven rivers of the Bay of Fundy and Atlantic coast of Nova Scotia. Acid rain is severely impacting salmon production in the Southern Upland (Atlantic Coast) area of Nova Scotia. Of the sixty Atlantic salmon rivers in this area, salmon runs have been extirpated in 14 rivers, severely impacted in 20 rivers, and lightly impacted in 16 rivers.

Other habitat constraints impacting on freshwater production include land use practices associated with intensive agricultural and other forms of development, and water use practices both at hydroelectric generating facilities and for municipal use.

Decreased numbers of adult salmon returns to Maritime rivers in recent years are in large part the result of low **sea survival**. There are no long-term measurements of sea survival for wild salmon stocks in the Maritimes. Sea survival of three hatchery stocks (LaHave and Liscomb, Nova Scotia, and Saint John, New Brunswick) were the lowest on record during the early 1990s. The sea survivals of Saint John River hatchery smolts declined in the early 1980s whereas the other hatchery stocks and the wild stocks of Quebec showed declines between 1988 and 1990.

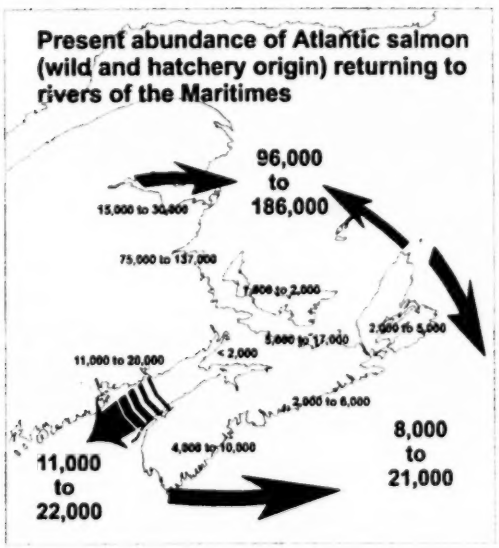
Salmon aquaculture could influence wild salmon stocks through ecological, disease or genetic interactions. Farmed salmon production in eastern Canada has increased exponentially since 1981. Correlation analysis between farmed salmon production levels in the Maritimes and the time series of sea survival data for the three hatchery stocks do not show significant associations.

If impacting on wild salmon, salmon farming would be expected to have its greatest effect on the stocks in proximity to the main salmon farming areas. The magnitude of the potential impacts of aquaculture escapees would be related to the relative proportions of farmed fish mixing with wild salmon, in bays and in rivers.

103-01487

There are only three assessed rivers in the Maritimes where total stock size is currently in excess of 10,000 fish annually; two are in the southern Gulf of St. Lawrence and the other is the Saint John River. Many of the other rivers are small with annual returns of salmon less than 500 fish, and some with even less than 100 adult salmon. This latter situation applies especially to rivers along the Atlantic coast of Nova Scotia where populations are threatened by acid-deposition and those populations of the inner Bay of Fundy where the cause for the current low returns is unknown.

Between 1992 and 1997, the total stock size of wild and hatchery origin Atlantic salmon adults returning to rivers of the Maritimes was between 115,000 and 229,000 fish. The total number of wild and hatchery origin salmon returning to all the rivers of the Bay of Fundy was estimated to be between 11,000 and 22,000 fish. In comparison, the total number of farmed salmon in sea cages in the Bay of Fundy (including Maine) would regularly exceed fifteen million salmon when all year-classes were included.



Previously reported estimates of farmed salmon escapees from sea cages attributed to storm damage in southwestern New Brunswick in 1994, equal the total estimated returns of wild salmon to the Atlantic coast of Nova Scotia and Bay of Fundy (about 20,000 to 40,000 fish).

Is there Evidence of Interaction?

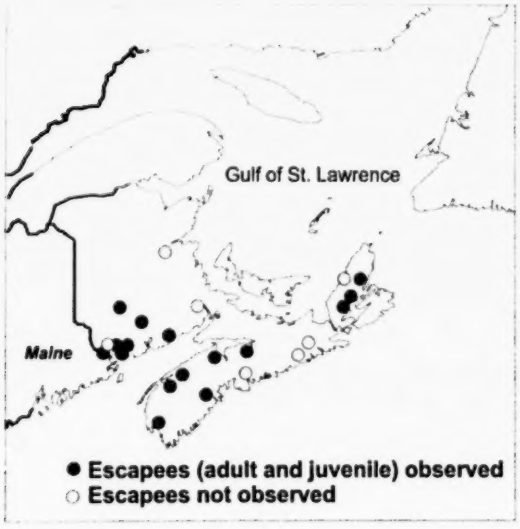
In Maritime Rivers

Detailed reports of Atlantic salmon escaping from aquaculture operations are not available. Isolated incidents of farmed fish escaping have been documented, such as the occurrence in September, 1994, when 20,000-40,000 fish were estimated to have been lost during a storm in Southwest New Brunswick, and in November, 1998, when 8,000 fish escaped from cages in Annapolis Basin, Nova Scotia.

There has not been a comprehensive Maritime-wide survey of rivers to look for the presence of escaped farmed salmon. Nevertheless, there is evidence of escapees in several rivers of the Maritime Provinces. These data are based on examinations of fish at fish monitoring stations and those captured during broodstock collections, special sampling programs or during electrofishing surveys for juveniles or adults. Escapees were generally identified on the basis of fin erosion and body shape, and also examination of growth patterns on scales.

Farm-origin salmon have been reported in 14 rivers in New Brunswick and Nova Scotia since the aquaculture industry began in 1979. Juvenile salmon that have escaped from hatcheries, which supply the grow-out industry, have been reported on four rivers,

the Digdeguash, Magaguadavic, Waweig and Nashwaak.



The proportion of fish of farmed origin among returns to some rivers has been high, such as on the Gaspereau River, Nova Scotia, where 27% (3 of 11) of a sample in one year were farmed salmon and on the Magaguadavic River, New Brunswick, where in at least two years, 90% or more (1,910 of 2,120) of river entrants were farmed fish.

In Inner Bay of Fundy Rivers

Escaped farmed salmon have been observed periodically in the spawning stocks of some inner Bay of Fundy rivers. Unlike outer Bay of Fundy or Atlantic coast stocks of salmon, historic tagging of inner Bay of Fundy stocks indicate prolonged post-smolt and adult salmon use of the marine habitat of the western Bay of Fundy, including the area in which the salmon farming industry is concentrated. Many of the tag recapture locations (high-head fish weirs in the western Bay of Fundy) are now marine salmon farming sites. Close proximity of inner Bay of Fundy post-smolts and adult salmon to marine salmon farming sites increases the chance of these wild salmon being affected by the altered environment created by the salmon farms.

In the Magaguadavic River

Aquaculture escapees first outnumbered wild salmon in returns to the Magaguadavic River in 1994. Subsequently, they have composed 67-90% (1994-1998 av. 75%) of the salmon entering the river. Prior to 1997, some of the farmed fish were passed upstream. In 1993, spawning of female escapees was confirmed. In 1995 and 1996, mature farmed adult and sub-adult males were present in the river and could have interbred with wild females. Since 1997, only fish identified as wild have been permitted through the fish ladder at the mouth of the river.

Three hatcheries located within the Magaguadavic River watershed are also leaking farmed juveniles into the river. Escaped parr were most frequent in streams below or near commercial hatcheries. Samples of smolts leaving the river in 1996 and 1998 were composed of 51-67% and 82% hatchery escapees, respectively. These hatchery escapees potentially can return later as wild adults to spawn in the river and interbreed with endemic wild fish.

In Maine Rivers

Escapes of Atlantic salmon from sea cages in eastern Maine are usually concentrated in the winter months. Salmon of farmed origin were first documented in a Maine river in 1990; since that time escapees have been documented in a total of 8 rivers. Those rivers in close proximity to the Maine/New

Brunswick aquaculture cage sites have shown the highest incidence of escapees, with farmed salmon comprising >50% of adult returns in some rivers in recent years.

Small numbers of sexually mature escapees have been observed annually since 1996 in three Maine rivers. In the St. Croix River, 17 escapees were sacrificed in September 1998, and 5 (30%) exhibited evidence of sexual maturation. The effects of intrusions of farmed escapees in Maine rivers are currently unknown.

In Other Locations

Farmed Atlantic salmon escapees have been reported in several other areas such as British Columbia, Newfoundland, and Northern Europe. In British Columbia, where production of Atlantic salmon is somewhat larger than in the Maritime Provinces plus Newfoundland (30,791 t vs. 20,310 t), about one-quarter of a million escapees were reported by the industry over the past decade. In 1991, a joint federal-provincial program called Atlantic Salmon Watch was initiated to monitor and document reported sightings of Atlantic salmon in British Columbia rivers and coastal waters. Sightings in 1997 included reports of Atlantic salmon in 29 rivers throughout the southwestern part of the province. Atlantic salmon are not native to the West Coast of Canada. Consequently, although few fish were reported in any one river (maximum of 39 fish in one case), their occurrence is being monitored very closely because of ecological concerns. No farmed-origin fish have been found in rivers north of central British Columbia and most observations have occurred in rivers near the Atlantic salmon farming industry.

In Newfoundland, escapees (adults and smolt) from the Bay d'Espoir area on the south coast of the island, where the only salmon farming occurs, have been found in the nearby Conne River (<2% of run).

The largest producer of farmed salmon in the world is Norway where 1997 production was about 310,000 t. Escapees in some years have been numerous and fish have been reported in coastal marine fisheries (40% of those sampled in 1997) and in rivers. Escapees have also been captured in large numbers on the marine feeding grounds in the Norwegian Sea, and these fish are reported to have returned randomly to all rivers along the coast of Norway.

The impact of escapees entering Norwegian rivers has been significant where the farmed-origin fish have accounted for over 70% of river entrants. Monitoring on 30 Norwegian rivers in 1997 indicated all but four had farmed fish present and the samples collectively on those rivers were composed of 29% farmed fish. Farmed salmon have been observed to spawn and interbreed. Rivers in northern Norway have the lowest rate of escaped salmon in catches and in those in the south, where the industry is concentrated, escaped salmon are much more prevalent.

In Scotland, there is no official system in place to report escapees from aquaculture. Evidence of farmed-origin fish in the coastal marine fisheries and rivers is similar to that noted in Norway. Farmed fish have accounted for almost half of the river entrants in one case and occurrence of these fish has been documented to have increased over time.

Atlantic salmon farming in Iceland is located in the southwest area of the island and farmed fish have been captured in rivers in close proximity to the industry.

What are the Potential Ecological and Behavioural Impacts?

The abundance and distribution of hatcheries and sea cages for Atlantic salmon farming in the Fundy Isles area of Southwest New Brunswick presents a situation for ecological interaction with wild Atlantic salmon. Some farmed salmon escape into fresh water between the fry and smolt stages and into coastal marine areas between the smolt and mature adult stages. These escapees can move from one habitat to the other and interact directly or indirectly with wild salmon. The ecological interactions tend to involve potential linkages with the transfer of diseases and genetic interactions covered in other sections, and which should not be considered in isolation.

Escaped farmed salmon entering **fresh water** can interact with wild salmon during the natural migration and spawning of the latter. Despite differences in migratory behaviour, some farmed escapees ascend the rivers of wild salmon where interactions may occur. The effect of the presence of farmed salmon escapees on the migratory behaviour of wild salmon has never been examined. However, the presence of escapees in rivers, particularly immature individuals that may resume feeding, could represent new competitors.

Mature escapees (males and females) do spawn in some rivers of the Maritimes, but the degree of spawning success by these farmed escapees is unknown. The spawning success by escapees however, has been well documented in Europe, where there is also clear evidence of negative impacts resulting from the destruction of eggs spawned by wild salmon as a result of nest superimposition by escaped farmed females. Evidence from Europe indicates that the spawning of escaped farmed salmon in rivers will result in the production of farmed and hybrid (farmed-x-wild) offspring that may subsequently interact with wild offspring.

Interactions between wild, farmed and hybrid juveniles in fresh water are likely to result via one of two main mechanisms: (1) escape from freshwater hatcheries and (2) the successful spawning and production of offspring by farmed salmon. While the farmed and hybrid juveniles may be expected to have lower fitness and reduced survival in rivers than wild juveniles, they may also be expected to have competitive advantages at certain life history stages and in certain environments. Escapees from hatcheries in Southwest New Brunswick are commonly much larger than wild salmon of the same age, which can be an important advantageous determinant in competitive contests. In addition, the presence of new size classes of fish, different from those normally observed in wild populations, could alter the competitive balance between age classes.

Evidence from both North America and Europe, suggests that the culturing of fish leads to important genetic changes in fitness-related traits (e.g., increased growth rate, altered aggression, and reduced response to predation). These changes are likely to affect the competitive abilities of farmed and hybrid offspring, and to ultimately affect competitive interactions with wild salmon for food and space. There is indirect evidence from Ireland of farmed and hybrid

juveniles displacing wild juveniles from river habitats.

Predator-prey relationships may also be altered by the presence of large numbers of farmed and hybrid juveniles in streams.

In the **coastal and marine environment**, post-smolts and adults may migrate past closely-spaced cage sites containing farmed fish (e.g., in Passamaquoddy Bay and the Fundy Isles area of the Maritimes). This presents a potential for behavioural interactions during wild salmon migrations (potentially affecting route, timing and homing), for the transfer of diseases to and from salmon in and around cages, and for interaction with predators (e.g., seals and birds around cage sites). The lower survival of salmon post-smolts moving from Passamaquoddy Bay to the Bay of Fundy along a migration route that has large numbers of cage sites compared to a route with lower cage site densities suggests that potential ecological effects may be occurring. This mortality could be related to increased exposure to predators.

The potential for interaction of wild with farmed salmon is considered to be greater for stocks or life stages that have short or coastal migrations (e.g., the inner Bay of Fundy stocks, and repeat spawners from rivers near fish farms) than for fish that migrate rapidly to the North Atlantic Ocean. There has been a large decline in the proportion of repeat spawners in the Magaguadavic River over the past decade.

The behaviour of escapees from marine cages is important in determining the potential ecological interactions with wild fish. Site fidelity could attract predators. The apparent "homing" behaviour of some escapees from sea cages to specific rivers could make these rivers magnets for farmed fish and intensify the potential ecological and genetic interactions with local salmon stocks. Seaward dispersal probably accounts for the majority of escapees (supported by the large difference in the numbers of fish that escape from cages and those that show up in rivers), and could result in an expansion of the potential interaction zone. These escaped farmed salmon in the marine environment could then interact with both local and non-local stocks.

Potential ecological interactions between farmed and wild Atlantic salmon

INTERACTIONS	*Examined*	*Demonstrated*	*Risks to wild stocks*
(1) DIRECT			
Competition in the ocean	No	---	Unknown
Disruption of migration by interference	No	---	Unknown
Disruption of breeding behaviour	Yes	No, but unknown for F1 and later generations	Low
Nest superimposition	Yes	Yes	Medium
Competition for food & space in fresh water	Yes, mostly in laboratory	Yes	High
Habitat displacement in fresh water	Yes, but indirectly	Yes, but controls lacking	High
(2) INDIRECT			
Altered predator-prey relations	Yes, hatchery releases	Yes	High
Disruption of migration by cages & hatcheries	Yes	No	Unknown
Hybridisation	Yes, but only at 1st generation	Yes	Medium-High

Based on information from Europe with some input from Maritimes.

Size and fitness differences between wild and farmed fish (escapees and offspring) may also lead to differences in post-smolt and adult survival at sea that would affect the numbers of fish of each type returning to spawn.

Locally, studies have been conducted with salmon escapees entering the Magaguadavic River to determine whether they have a "homing" affinity for the river, or their entry was a random occurrence. The studies were conducted in 1997 and 1998 and involved tagging escapees that entered the fish ladder and transplanting them back to the marine environment, up to 48 km away from the river mouth. In 1997, only one of 78 fish returned. By contrast, in 1998, 13% of fish (7 of 55 individuals) ≤ 63 cm fork length (FL) and 26% of fish (24 of 89 individuals) > 63 cm FL returned to the Magaguadavic.

Fish, which returned a first time, were subsequently transferred and released at a different site, and returns from those were released a third time. The fraction of fish returning increased in subsequent transplants for the small salmon escapees, and was relatively constant for the large salmon. Returning fish clearly regarded the Magaguadavic as "home", and may have imprinted to the river while being grown to the smolt stage at one of the three hatcheries in the watershed. Both maturing and non-maturing fish "homed".

What are the Potential Disease Impacts?

Overview

Historical data indicate that fish diseases were detected in wild salmonid populations as early as the turn of the century. Documented evidence from the West Coast of North America and Europe has shown that diseases identified in wild fish populations have impacted cultured stocks with the converse also occurring on rare occasions. One example of the latter is the transfer of the disease, furunculosis, from farmed Atlantic salmon via escapees to wild fish populations in Norwegian rivers. In this particular example, it must be recognised that the disease had been introduced to Norway by the transfer of live fish from Scotland. This example also confirms that the highest risk associated with diseases is the introduction of an exotic disease into a new area. International, national and local regulations exist and are effective in minimising the risks of such events.

The presence of diseases in farmed fish is always a risk. Considerable improvements, however, have been made in disease control programs for farmed fish especially with the advent of efficacious vaccines against bacterial diseases.

In the Maritimes, there are limited data on disease prevalence, a situation that should be addressed when the major amendments to the *Fish Health Protection Regulations* are completed. Finally, there is no evidence that in the Maritimes Region diseases of farmed fish have had an impact on wild fish or vice versa.

The majority of diagnostic testing performed by the Fish Health Unit involves randomly sampled fish collected for regulatory inspection. During the 1993-1998 period, approximately 43,000 cultured salmonids were examined for bacterial and viral agents. Limited testing was performed on wild populations, in which 5433 wild salmonids were examined in the 1987-1998 period.

Agents identified in wild fish include *Renibacterium salmoninarum*, *Aeromonas salmonicida*, infectious pancreatic necrosis virus, *Vibrio anguillarum*, *Edwardsiella tarda* and sea lice parasites (*Caligus sp.* and

Lepeophtheirus sp.). All the agents identified in wild stocks have been found in farmed salmonid populations in the Maritimes, as well as *Vibrio salmonicida*, proliferative kidney disease agent (PKD), *Enterocytozoon sp.* and infectious salmon anemia virus (ISA).

Trends in disease prevalence in farmed and wild finfish populations have not been assessed. With the sampling system currently in place, this would prove difficult. The impact on wild finfish populations of infectious disease agents identified in the Maritimes is unknown.

Sea Lice Infestation

Infection with sea lice, *Lepeophtheirus salmonis*, is unavoidable in sea cage farming of Atlantic salmon because of the local reservoirs in wild fish in the salmon farming area, including the Maritimes.

Although considerable improvements have been made in lice control in farmed salmon, lice still cause major disease problems requiring regular treatment. It is recognised internationally that lice on farmed salmon contribute to lice populations of local wild salmonid stocks, but the extent and consequences of this is still unknown.

Salmon escaping from farms carry any infections present on them into the wider environment. There is evidence from European waters that farmed salmon escapees have higher lice levels than wild salmon caught on the oceanic feeding grounds. The absence of historical data on lice levels on wild salmon prior to the development of the aquaculture industry prevents assessment as to whether current levels are different. A similar lack of knowledge of the dispersion of infective stages of lice in farms and in the coastal environment prevents conclusions being drawn concerning the location of salmon farms and lice infections in wild salmon. Although there is the potential that any changes to lice levels could affect lice/wild salmon relationships, with the evidence currently available, it is not possible to conclude whether sea lice from farmed salmon do have any significant impact on wild salmon stocks.

Total body counts of sea lice on escapees entering the **Magaguadavic River** fish ladder trap in 1992-1998 were usually, but not always, low. The majority of fish had no lice, even during 1994 and 1995 when the aquaculture industry was suffering its worst infestations to date. However, the ladder is located in fresh water above the head-of-tide, and fish entering it may have been in fresh water for several days to weeks before entering the trap and as a result would have shed their lice burden.

What are the Potential Genetic Impacts?

Overview

Ecological and disease interactions with escaped farmed salmon can affect survival and reproductive success in wild salmon leading to changes in their genetic character. Some genetic changes will be adaptively important and reduce mean survival and reproductive success among the offspring of wild fish, potentially lowering recruitment and changing the population character.

Changes may occur to the types and frequencies of genetic variants in the populations (i.e., groups of salmon within

which interbreeding is more or less random, but between which interbreeding is largely constrained) of which the stock is composed, or in how the stock is structured into populations. The types and frequencies of variants in populations, as well as population structuring, are parts of an adaptive evolutionary response called local adaptation. Disruption of local adaptation can threaten stock viability and character, and lower recruitment.

Ecological and disease interactions with farmed escapees can indirectly alter the adaptive genetic structure of wild salmon stocks. Increased mortality can reduce the effective number of breeders in a population and increase the probability that some genetic variants are lost by chance because of their absence among breeders. Losses of variation may also occur indirectly if normally advantageous variants or genotypes become mal-adaptive and experience increased mortality. The resulting genetic make-up of the population may then have a lower overall level of adaptation and a lower recruitment success, both to the new and the old environmental circumstances.

Recruitment can be lowered and stock character changed where farmed escapees interbreed with the wild stock. Farmed fish can be expected to have different genotypes which are less adaptively suited to the environmental conditions experienced by the wild stock. The degree of adaptive differentiation from the wild stock will depend on the wild origin of the farmed stock, the numbers of breeders used in establishing and maintaining it, the number of generations in culture, the extent of inadvertent and domesticating selection, and the level of deliberate selection to enhance economic traits such as growth. The resulting hybrid individuals will be adapted, on average, to conditions intermediate to the wild and farm environments, with reduced average survival and reproductive success, and lower recruitment, compared to non-hybrid wild fish.

The potential for negative impacts is clear. The likelihood that wild stocks are adapted to their local environments makes it highly unlikely that the impact of farmed escapees on wild stocks will be positive. Current understanding is insufficient however, to specify the precise nature and degree of negative impacts which can be expected. As the environmental and genetic circumstances in each situation will be unique in many ways, each outcome will also be unique.

Some generalisations are possible. In circumstances involving small numbers of escapees, where these were derived from local wild stocks and wild stocks were numerically abundant, the effect could be negligible and genetic changes easily countered by natural selection. Generally, the impact can be expected to increase with increases in non-genetic and genetic differences, the degree of ecological overlap, and the extent of interbreeding. In the extreme, the outcome of an interaction could be the elimination of the existing self-sustaining wild stock. Given the difficulties of advancing understanding through empirical studies, increased insight into what the actual outcome could be, can be better understood by dynamic models, which consider how different variables interact to affect the outcome.

Modelling

A life history model for the Magaguadavic River, working at the genealogical level, was

used to predict the impacts and assess the risks of genetic interaction when farmed and hybrid offspring have a lower fitness and survival than wild salmon.

Predicted Impacts

In the model, after escaped farmed salmon entered a river and interbred with the wild population, salmon with the endemic wild genome rapidly disappeared and were replaced by a population with some degree of genetic introgression. Offspring fitness in relation to level of genetic introgression then determined the fate of that population. This was controlled by the frequency and number of escapees and the extent of interbreeding.

The development and use of a local strain of farmed salmon poorly adapted to survive under local conditions (with traits poorly suited for survival in the wild and low fitness) could result in low genetic introgression and allow persistence of a population returning to spawn as wild fish. In contrast, a closely related local strain with a high fitness (such as the domesticated Saint John River stock used in the Maritimes) could eventually lead to greater genetic introgression into the wild population. The impact on the population would then be related to the survival of farmed offspring relative to wild fish; a slight reduction in farmed offspring fitness relative to wild fish would lead to the loss of a self-sustaining population at a rate dependent on relative survival and the number of escapees that continued to interbreed with returning offspring.

A high proportion of farmed escapees in the spawning population had the greatest impact on rate of introgression and population loss, regardless of interbreeding and offspring fitness. The extent of interbreeding had a high impact when the number of escapees was low. The benefits, however, of low interbreeding were rapidly erased by a high proportion of escapees. A low fitness of farmed and hybrid offspring greatly delayed the impacts, allowing time for conservation measures to be applied. However, the benefits of low fitness of farmed offspring would disappear if the number of escapees and interbreeding with the wild population was high.

Summary of predicted impacts from genetic introgression as a function of fitness, interbreeding, and number of mature escapees

	Low Fitness		*High Fitness*	
	Low Escapees	***High Escapees***	***Low Escapees***	***High Escapees***
Low Inter-breeding	Introgression Rate – / → / ++++ Population Loss Wild 70 yr Total 190 yr	Introgression Rate + / +++ Population Loss Wild 25 yr Total 30 yr	Introgression Rate + → Population Loss Wild 35 yr Total 160 yr	Introgression Rate ++++ Population Loss Wild 20 yr Total 40 yr
High Inter-breeding	Introgression Rate – / ++++ Population Loss Wild 50 yr Total 60 yr	Introgression Rate ++ / ++++ Population Loss Wild 20 yr Total 30 yr	Introgression Rate +++ Population Loss Wild 25 yr Total 75 yr	Introgression Rate ++++ Population Loss Wild 15 yr Total 35 yr

Scoring: decline (-), slow to rapid increase (+ to ++++), stable or gradual change (→). Years until population loss are for relative comparison among cells.

Conservation Requirements

In the model, the loss of the endemic wild genome did not necessarily imply that a self-sustaining wild population could not persist provided that some management action was taken to stop genetic interactions. Preventing interbreeding was an effective means of safeguarding the endemic wild genome. If this was not possible, then the best

conservation strategy was to keep genetic introgression in the population as low as possible. The impact of escaped farmed spawners was minimized by taking rapid action to eliminate escapees or prevent interbreeding.

Risk assessment identified a need to dramatically decrease response time for applying conservation measures. This would preserve a population with genetic introgression low enough to prevent complete population loss after interbreeding stopped. Quick action was especially important at levels of escaped farmed spawners that have recently been recorded in the Magaguadavic River (>50% of total population). The escape of juvenile salmon from commercial hatcheries and their return as farmed spawners greatly accelerated the increase in genetic introgression and population loss, and would complicate the successful application of conservation measures if left unchecked. An increase in the recorded low rate of sexual maturation of farmed escapees in Southwest New Brunswick (<20%) would also greatly increase the impacts on the population.

The proportion of farmed spawners and, in some situations, the extent of interbreeding, were identified as critical parameters, whereas differences in offspring fitness had comparatively less impact. Therefore, actions that would significantly reduce the numbers of escapees or reduce the probability of interbreeding should be considered when making decisions related to conservation of a population interacting with escapees.

Better containment at cage sites would decrease the frequency and level of escapees, but this would only change the rate at which events occurred; genetic introgression would eventually increase enough to lead to loss of the self-sustaining population. Exclusion of escaped farmed fish by removal at a river mouth would be effective only if used at the first signs of interbreeding with a wild population. The use of sterile fish, such as triploids, in aquaculture would probably be the most effective way of preventing large-scale genetic introgression, but would not remove the potential for ecological interactions.

Two main cautionary results were: (1) that large population sizes may mask serious long-term population viability concerns, and (2) that genetic introgression of potentially mal-adaptive genes can occur rapidly and cannot be reversed. The consequences of very low levels of genetic introgression persisting in populations are not known, and may have little long-term population fitness impact; however, until empirical evidence on this point is available a precautionary approach would keep introgression of non-native genes into natural populations to a minimum.

What are the Conventions, Regulatory Controls and Policies?

International Conventions and Obligations

International conventions and agreements basically fall into two categories: (1) those with the primary intent of conservation and sustainable use of the aquatic resources, and (2) those containing standards for trade. International agreements also attempt to establish a level and consistent operating regime and standards for industry. Standards for animal health requirements have been developed under L'Office Internationale des Epizooties (Paris) and measures for

protecting animal, plant and human health were developed in the General Agreement on Tariffs and Trade, and the North American Free Trade Agreement.

Canada has ratified the United Nations (UN) Convention on Biological Diversity, which requires Canada to ensure the conservation and sustainable use of biological resources and sustainable use of components of biological diversity. The Department of Fisheries and Oceans (DFO) has a strong obligation to conform to the Precautionary Approach as agreed to under the UN Agreement on Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks, and the North Atlantic Salmon Conservation Organization (NASCO) Agreement on Adoption of a Precautionary Approach. Canada has also adopted and made a commitment to implement the North American Commission / NASCO Protocols for the Introduction and Transfers of Salmonids. These protocols form the bases for DFO's policy on introductions and transfers in eastern Canada. These protocols are consistent with the Precautionary Approach and the NASCO Oslo Resolution to minimize the impacts of salmon aquaculture on wild salmon stocks. Canada, through these international agreements, is obligated to take appropriate action to minimize negative impacts of aquaculture operations on wild salmon stocks.

Federal Responsibilities and Regulatory Controls

DFO and other federal government departments administer acts related to the protection and conservation of fish, their habitat, and the transportation and trade of fish and fish products. It is under these statutes that regulations are promulgated. Aquaculture is not defined as a fishery under the *Fisheries Act*, although those provisions of the *Act* apply that pertain to resource management issues. The federal government also maintains the lead role in aquaculture research.

Under authority of the *Fisheries Act* and the *Fisheries (General) Regulations* made pursuant to the *Act*, DFO authorizes the collection of fish for purposes of stocking or artificial breeding from the wild stocks, the release of live fish into fish habitat and the transfer of live fish within and across provincial boundaries to fish rearing facilities. Applications for these activities are reviewed by federal-provincial Introductions and Transfers Committees (chaired by DFO) in each Maritime Province. The federal government also has responsibilities under the *Fisheries Act* to protect fish habitat.

Federal legislation also exists under the *Fish Health Protection Regulations*. They require that all shipments of live salmonids (including eggs) into Canada or between provinces come from facilities certified to be free of certain named diseases and be accompanied by an import permit. It is through this permitting system that DFO controls the movements of salmonids and has the opportunity to impose measures to minimize the impacts of farmed fish on wild stocks.

The federal government has a responsibility to ensure that the use of vaccines, drugs, pesticides, and chemicals in aquaculture is not harmful to human, animal and environmental health. This is accomplished under provisions of the *Health of Animals Act*, the *Food and Drugs Act*, the *Pest Control Products Act*, and the Canadian *Environmental Protection Act*. Navigation

concerns related to siting of aquaculture grow-out sites are addressed in the *Navigable Waters Protection Act*, which is administered by the Canadian Coast Guard (DFO).

Provincial Responsibilities and Regulatory Controls

Aquaculture fish, being private property, are constitutionally the responsibility of the province.

On Prince Edward Island, DFO, in consultation with the province, issues licenses and leases for aquaculture facilities. In Nova Scotia and New Brunswick, this role is carried out by the provincial departments of Fisheries and Aquaculture under Memoranda of Understanding (MOUs) on Aquaculture Development.

New Brunswick and Nova Scotia have proclaimed acts dealing with aquaculture. In New Brunswick, it is the *Aquaculture Act* and in Nova Scotia aquaculture is included in the *Fisheries and Coastal Resources Act* (which supersedes the former *Aquaculture Act* of Nova Scotia). These Acts include the authority to issue licenses and leases, and also deal with conditions which may be imposed on these licenses and leases. These provinces must refer all applications for aquaculture operations to federal government agencies for review and comment. In New Brunswick, DFO co-chairs and participates in the federal-provincial Aquaculture Site Evaluation Committee (ASEC), which deals with marine site applications. The committee makes its recommendations to the provincial Minister of Fisheries and Aquaculture, who makes the final decision on site applications.

Both New Brunswick and Nova Scotia conduct monitoring and diagnosis of fish diseases under fish health regulations under their acts. Regulations under the New Brunswick *Aquaculture Act* prohibit the movement of finfish from hatcheries to marine sites if the fish have furunculosis or bacterial kidney disease, unless authorized under written permission. Aquaculture regulations in Nova Scotia stipulate that a permit must be obtained for the transfer of salmonids for aquaculture purposes.

Provincial agencies participate in federally chaired Introductions and Transfers committees in each province. Freshwater facilities, including hatcheries, require water use permits and environmental screening by provincial government agencies under the New Brunswick *Clean Water Act*, the Nova Scotia *Environment Act*, and the PEI *Environmental Protection Act.*

What are the Scientifically Based Options for Mitigation?

Maintaining Spawning Populations of Wild Salmon Above Conservation Requirements

Maintaining "healthy" wild populations provides a significant hedge against interaction with farmed salmon. Populations at low abundance levels are particularly vulnerable to genetic intrusion and ecological change or disturbance caused by farmed salmon operations and any escapees. Currently, the opportunity for adverse impact is exacerbated by the low stock levels of the wild salmon in those areas of the Maritime Provinces where the marine salmon farms are situated. Most critical are the wild salmon stocks of the Bay of Fundy which are generally at or below 25% of their

conservation requirements. Many of the inner Bay of Fundy stocks have declined dramatically over the last decade to critically low levels; some may be extirpated.

Improved Containment

Improvement in the containment of fish is seen as a method of reducing the scope of possible environmental problems. In terms of risk management, such an initiative addresses the problem of domestic salmon escapees, directly. From the perspective of salmon managers, the presence of fewer escaped salmon lowers the risk that they might interact unfavourably with wild stocks.

Further development of this concept should take cognizance of the draft DFO document entitled "Code of Practice for the Containment of Non-local Strains of Salmonids in Sea Cage Culture in the Atlantic Provinces", which proposes standards for nets, cages and moorings, outlines handling standards and suggests contingency measures. The document was drafted in April 1997 in consultation with provincial authorities, industry, manufacturers and insurers.

The objective of a *Code of Practice* is to minimize the number of salmon that escape from fish farm and hatchery facilities. An effective code would reduce both the number of whole-cage losses and the trickle losses that are known to occur. A reasonable approach is to identify the reasons and methods by which fish escape and to agree upon practices that reduce the risk of escape. An audit system would be required to ensure compliance.

The application of an effective *Code of Practice* is a proven method of reducing risk. Norwegian authorities found that the numbers of escapees dropped considerably when standards for dimensions, mooring, operating and selecting locations for fish farms were followed. Similar initiatives have been started and/or instituted at the provincial level in British Columbia and Newfoundland and in other salmon farming nations.

Selective Siting of Farms and Hatcheries

An option to reduce the potential for interaction between wild and farmed salmon would be to locate hatcheries that rear domesticated fish on freshwater bodies without access to the marine environment. This is based on the evidence that some juvenile salmon are escaping from commercial hatcheries in some salmon rivers in Southwest New Brunswick. This would reduce potential direct interactions with wild juveniles and potential interbreeding of returning farmed adults with wild fish.

The siting of cages for grow-out of adult salmon and for acclimation purposes within salmon rivers or near their mouths should be avoided because complete containment is not feasible and even if achieved, would not eliminate the risks of ecological interaction or disease transmission between farmed and wild salmon. The potential for ecological, disease and genetic interactions would be greater for escapees from cages within rivers than in the sea, based on the losses that are known to occur at sea and the potential for greater dispersion of escapees from cages in the sea.

The siting of high densities of salmon grow-out cages in known migratory routes used by wild salmon in the brackish and marine environment should be evaluated. Suitable

migratory corridors for wild salmon may be required to reduce the potential loss to predators attracted to cage sites and to reduce the risks of disease transfer to and from farmed fish.

Planning in the siting of farms and hatcheries should be used to reduce interactions and the risks of adverse ecological, disease and genetic interactions on wild salmon stocks.

Use of Local Stocks

Limiting the use of aquaculture strains to those derived from local stocks of wild salmon continues to be advocated to safe-guard the gene pool of the wild salmon stocks potentially impacted by salmon escaping from either hatcheries or marine farms. The use of European strains continues to be prohibited unless complete containment can be guaranteed or all produced fish are rendered reproductively sterile. Both the use of local stocks and the prohibition against European origin strains are consistent with the NASCO Protocols for its North American Commission Area.

Sterilization

"Genetic" containment of fish can be achieved in two ways: individuals can be physically contained, or their genetic material can be contained (through sterilization). Although a variety of techniques are available for sterilizing fish, the only method currently available to do so on an commercial scale is the induction of triploidy. Pilot-scale trials in New Brunswick and elsewhere have generally indicated poorer survival and growth of triploids in sea water, and a higher incidence of jaw deformities, in comparison with normal (diploid) salmon. These results, however, are not consistent, and there are examples of good performance (on a par with diploids) in some circumstances. This suggests that optimum rearing requirements have yet to be determined for triploids.

Production of Healthy Farmed Salmon

Maintaining healthy farmed fish will ultimately reduce the potential risk of disease transfer to wild fish. Vaccination programs have been effective in limiting the impact of several bacterial diseases on fish farms.

It was also recognized that the introduction of an exotic disease could represent a significant threat to farmed and possibly wild Atlantic salmon. The transfer of live fish represents the highest risk of introducing exotic diseases into a new area. Existing regulations have helped reduce the risk of the introduction of exotic diseases in Canada.

With regard to fish health, there are various initiatives being developed to reduce potential fish health problems on fish farms. These include: preparation of codes of practice by industry, provincial initiatives to develop and implement fish health programs and at the federal level, the revision of the Fish Health Protection and Regulations. Various additional requirements identified to strengthen existing fish health programs include: adequate compensation in cases where fish have to be destroyed because an exotic disease was detected, development of more sensitive diagnostic tools, disease surveillance of wild stocks, and mandatory reporting of exotic diseases. It is recognized that the limited number of available

therapeutants restricts the ability of farmers to manage the impact of diseases.

Recapturing Escapees

Recapturing escapees can be an effective means for reducing the numbers of escapees at large and any success would benefit the wild stocks of salmon. Salmon escaping from marine farms are believed to disperse soon after and hence action to recapture them should be taken immediately following discovery. Contingency plans to recapture escapees should be investigated.

Enhanced Training and Education

Enhanced training, education, and possible certification of aquaculture workers in fish culture practices and related technology should result in improved efficiency of operations, production of healthier fish and fewer escapees from mishaps during routine husbandry. Increasing awareness of the potential consequences of salmon escaping from hatcheries and farms should reduce the number of escapees.

Reporting Escapees

Currently there is no formal reporting of escapees from the Maritimes industry. Protocols for reporting are under discussion and need be activated to benefit both the farming industry and the wild stocks. Reporting escapees would serve to identify operations and locations where the numbers of salmon escaping are excessive. Data on escapees should enhance awareness of the problems, lead to the development of solutions and reduce the numbers of escapees. Immediate reporting of escapees would provide early warning and possible opportunity for implementing special mitigative measures (e.g., closer monitoring within rivers and removal of escapees).

More Rigorous Enforcement

Monitoring and rigorous enforcement of licensed activities and existing regulations is essential to ensure the protection of the wild salmon and other fisheries resources. One example requiring immediate attention is the reported presence of aquaculture-origin juvenile salmon downstream of commercial salmon hatcheries on rivers with wild salmon runs. A second example is the need to enforce license conditions pertaining to the genetics (stock origin) of the fish being transferred.

Blocking River Entry

Blocking river entry (or in-river passage), of farmed escapees is currently carried out in New Brunswick at fishway traps on the Magaguadavic and St. Croix rivers and at Mactaquac Dam on the Saint John River. Blockage with counting fences is advocated for all rivers with unique stocks in which escapees are found to comprise a significant portion of the total run. The practice will be imperfect, because of occasional failures of the fence. Otherwise, such blockages have the potential, in concert with enforced containment policies at industry hatcheries on the rivers, to allow the identification and removal of all escapees among handled fish. Blockages to farmed escapees have been installed on some rivers in the State of Maine.

Gene Banking

Gene banking can be used as a possible hedge against the total loss of genetic information. The technique includes cryopreservation of the male gamete and live

gene banking. In the State of Maine, several wild salmon stocks are being maintained in a live gene bank. Because of critically low stock levels, live banking of genes has been initiated on one inner Fundy river in each of New Brunswick and Nova Scotia. Cryopreservation is also being considered as part of the strategy to preserve the genes of these and other remnant stocks in the inner Bay of Fundy, and has been implemented, beginning in 1998, for the Magaguadavic River stock.

Management Considerations

Evidence exists for farmed salmon escaping into the marine ecosystem and then ascending rivers. Evidence also exists for escaped farmed juvenile salmon entering rivers directly and migrating to sea. Impacts have not been examined in Atlantic Canada and although suspected locally, the lack of research prevents conclusions. These local interactions, the evidence of genetic and behavioural interactions between escapees and wild salmon in Europe, the predictions of a regional model assessing risk, and the potential for negative interactions, warrant the **application of the Precautionary Approach**, as described and advocated by NASCO, for management of Maritime salmon stocks and salmon aquaculture as it relates to this issue. Low stock levels in several rivers, the causes of which may be many, provide further justification of this approach.

Considering the potential for interaction between wild and farmed salmon, there is a **need to manage watersheds and their bays as single management units** (e.g., Passamaquoddy Bay, Annapolis Basin, Bras d'Or Lakes). This should involve all parties interested in wild or farmed salmon in the area, working co-operatively. In the case of the western Bay of Fundy, this would include similar interests in the U.S.A.

Additional priority action items to minimize the risks of interactions between wild and farmed salmon include:

- Improving containment, starting with the development and implementation of Codes of Practice, including contingency plans and a reporting system for escapees;
- Improving fish health management, beginning with the completion of the major amendments to the Fish Health Protection Regulations and completion and implementation of provincial *Codes of Practice*, including contingency plans and a reporting system for specified diseases;
- Upgrading policy for introductions and transfers of fishes and improving related enforcement;
- Enhancing education and training of aquaculture workers, particularly relative to containment and farm/hatchery management;
- Ensuring the maintenance of wild stocks at or above their conservation requirements;
- Continuing the use of local stocks as donors, where possible, for currently practiced aquaculture, or using other strains if rendered sterile or properly contained and;
- Incorporating risk analysis into the review process for siting hatcheries and farms.

Research Recommendations

In spite of local evidence of interactions between farmed and wild salmon, potential

impacts have not been examined in the Maritime Provinces. Lack of scientific research has prevented assessment of impacts locally. Research is therefore recommended in the following areas:

- Developing risk analysis methodologies and applying them to assess potential impacts on wild salmon stocks;
- Investigating interactions between wild and farmed salmon in marine and freshwater environments, and determining the impacts on wild salmon; and
- Determining the behaviour and fate of salmon escaping from marine farms.

Other worthy research initiatives include:

- Developing and testing engineering and design information to improve containment in both marine farms and freshwater hatcheries;
- Developing technology for producing sterile salmon suitable for farming;
- Accelerating genetic improvement of local aquaculture salmon strains using molecular technology; and
- Upgrading fish health information and procedures (particularly pertaining to wild fish health status, mechanisms of disease transfer and diagnosis).

For More Information

Contact:

John Ritter
Diadromous Fish Division
P.O. Box 5030
Moncton, N.B.
E1C 9B6

TEL: 506-851-2945
FAX: 506-851-2147
E-Mail: Ritterja@mar.dfo-mpo.gc.ca

James E. Stewart
Marine Environmental
Sciences Division
Bedford Institute of Oceanography
P.O. Box 1006
Dartmouth, N.S.
B2Y 4A2

TEL: 902-426-8145
FAX: 902-426-8484
E-mail: StewartJE@mar.dfo-mpo.gc.ca

Gilles L. Lacroix
Marine Environmental
Sciences Division
St. Andrews Biological Station
St. Andrews, N.B.
E0G 2X0

TEL: 506-529-8854
FAX: 506-529-5862
E-mail: lacroixg@mar.dfo-mpo.gc.ca

References

Amiro, P.G. 1998. An assessment of the possible impact of salmon aquaculture on Inner Bay of Fundy Atlantic salmon stocks. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/163.

Bailey, J. 1998. Options for containment of farmed Atlantic salmon. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/165.

Baum, E.T. 1998. History and description of the Atlantic salmon aquaculture industry in Maine. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/152.

Benfey, T.J. 1998. Use of triploid Atlantic salmon (*Salmo salar*) for aquaculture. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/166.

Chang, B.D. 1998. The salmon aquaculture industry in the Maritime Provinces. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/151.

Chaput, G. 1998. Status of wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) stocks in the Maritime Provinces. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/153.

Glebe, B.D. 1998. East coast salmon aquaculture breeding programs: history and future. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/157.

Lacroix, G.L. and I.A. Fleming. 1998. Ecological and behavioural interactions between farmed and wild Atlantic salmon: consequences for wild salmon. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/162.

Lacroix, G.L., J. Korman, and D.D. Heath. 1998. Genetic introgression of the domestic Atlantic salmon genome into wild populations: a simulation of requirements for conservation. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/158.

MacKinnon, A-M., M. Campbell and G. Olivier. 1998. Overview of fish disease agents in cultivated and wild salmonid populations in the Maritimes. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/160.

McVicar, A.H. 1998. A review of the potential effects of salmon lice among aquaculture salmon on wild salmon. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/161.

McVicar, A.H. 1998. Options for controlling disease and improving health in farmed salmon, as a means of reducing risks posed by escapes. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/167.

Olivier, G. and A-M. MacKinnon. 1998. A review of potential impacts on wild salmon stocks from diseases attributed to farmed salmon operations. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock

Assessment Secretariat Res. Doc. 98/159.

O'Neil, S.F. 1998. Atlantic salmon aquaculture escapees and occurrence in rivers of the Maritime Provinces. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/154.

Porter, R., T. Carev, D. Harris, and K. Coombs. 1998. A review of existing conventions, regulations, and policies pertaining to the control and minimization of negative impacts from aquaculture on wild salmonid stocks. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/164.

St.-Hilaire, S., M.L. Kent, and G.K. Iwama. 1998. Factors affecting the health of farmed and wild fish populations: a perspective from British Columbia. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/168.

Ritter, J.A. 1998. A review and assessment of mitigative measures to eliminate or minimize potential impacts of farmed operations on wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) stocks. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/169.

Verspoor, E. 1998. Genetic impacts on wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) stocks from escaped farm conspecifics: an assessment of risk. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/156.

Whoriskey, F.G., G.L. Lacroix, J. Carr, and M.J. Stokesbury. 1998. A review and update of aquaculture impact studies carried out on the Magaguadavic River, southern Bay of Fundy, New Brunswick. Department of Fisheries and Oceans Canadian Stock Assessment Secretariat Res. Doc. 98/155.

This report is available from the:

Maritimes Regional Advisory Process
Department of Fisheries and Oceans
P.O. Box 1006, Stn. B203
Dartmouth, Nova Scotia
Canada B2Y 4A2
Phone number: 902-426-7070
e-mail address: MyraV@mar.dfo-mpo.gc.ca

La version française est disponible à l'adresse ci-dessus.

Correct citation for this publication

DFO, 1999. Interaction Between Wild and Farmed Atlantic Salmon in the Maritime Provinces. DFO Maritimes Regional Habitat Status Report 99/1E.

Interactions entre le saumon atlantique sauvage et le saumon atlantique d'élevage dans les provinces Maritimes

Renseignements de base

L'élevage du saumon atlantique en cages marines flottantes a commencé en Norvège en 1969. Des travaux de recherche effectués dans la baie Passamaquoddy, au Nouveau-Brunswick aboutirent dix ans plus tard à la première récolte de saumon d'élevage (6 t) dans la région canadienne des Maritimes. En 1997, on dénombrait à Terre-Neuve et dans les Maritimes 91 installations de mariculture, dont la production de saumon atlantique d'élevage se chiffrait à 20 310 t. Cette production représentait alors 40 % de la production canadienne et environ 3 % de la production mondiale (486 000 t) de saumon atlantique d'élevage.

Près de 95 % de la production des Maritimes provient des élevages de saumon atlantique du Nouveau-Brunswick situés dans la baie Passamaquody et aux alentours de Grand Manan, dans l'ouest de la baie de Fundy. À la production de cette région (18 600 t) s'ajoutent les 12 000 t produites par les élevages situés juste de l'autre côté de la frontière, au Maine.

Les montaisons de saumon sauvage dans les rivières des Maritimes diminuent; elles sont actuellement excessivement basses dans les rivières qui se jettent dans la baie de Fundy. On ne connaît pas les causes de ces faibles montaisons.

Selon de nombreuses indications, à l'échelle tant locale qu'internationale, il existe des interactions entre le saumon sauvage et le saumon d'élevage. La question a fait l'objet d'examens et de discussions dans des symposiums et ateliers internationaux. Elle a soulevé une controverse considérable et a été abondamment débattue. Bien que certains protocoles et moyens réglementaires soient en place pour protéger les stocks de saumon sauvage, on s'interroge d'une part sur leur nécessité et d'autre part sur leur efficacité.

Termes employés dans le présent rapport :

Saumon d'élevage - saumon dont les parents sont demeurés en élevage pendant la totalité de leur cycle biologique.
Évadé - saumon d'élevage qui s'est évadé d'installations de pisciculture.
Saumon sauvage - saumon qui n'est pas un saumon d'élevage.
Valeur adaptative (ou valeur sélective) - mesure de la part qu'un individu d'un génotype (p. ex. stock de saumon d'élevage) prend à la génération suivante, comparativement à la part d'un autre génotype (p. ex. stock de saumon sauvage).
Introgression – Ajout ou introduction de gènes d'un fonds génétique ou groupe de gènes (p. ex. souche de saumon d'élevage) à un autre (p. ex. stock de saumon sauvage) par hybridation croisement et rétrocroisement.

Sommaire

- L'industrie de l'élevage du saumon atlantique dans les provinces Maritimes et à Terre-Neuve a une production annuelle légèrement supérieure à 20 000 t. Près de 95 % de cette production est originaire des cages marines concentrées dans la partie ouest de la baie de Fundy, le reste provenant de quatre zones de la Nouvelle-Écosse et d'une zone de Terre-Neuve (la production annuelle de saumon d'élevage au Maine se chiffre à environ 12 000 t).

- Dans les provinces Maritimes, on compte plus de cent cinquante rivières dans lesquelles des captures de saumon ont été déclarées. Les stocks des rivières qui se jettent dans le sud du golfe du Saint-Laurent sont en général moyennement abondants et, pour un bon nombre d'entre eux, en déclin, tandis que ceux de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse

et de la baie de Fundy sont en général peu abondants et en déclin.

- Du fait de l'incapacité persistante des stocks de certaines zones des Maritimes à atteindre les niveaux nécessaires à leur conservation, on a progressivement interdit la pêche du saumon atlantique dans les rivières, en commençant par la fermer dans les rivières de l'arrière-baie de Fundy en 1990 pour en arriver, en 1998, au plus restrictif des régimes de gestion des pêches fluviales à ce jour.

- L'évidence existe que des saumons d'élevage s'échappent dans l'écosystème marin et remontent ensuite les rivières. L'évidence existe aussi que des saumons d'élevage juvéniles pénètrent directement dans les rivières, pour migrer ensuite vers la mer. On n'a pas examiné les impacts de ces phénomènes dans le Canada atlantique et, quoiqu'on en ait une idée à l'échelle locale, l'absence de recherches empêche de tirer des conclusions.

- Les interactions locales documentées, la preuve d'interactions génétiques et comportementales entre le saumon évadé et le saumon sauvage en Europe, les prévisions fournies par un modèle régional d'évaluation des risques, et l'existence possible d'interactions néfastes justifient le **recours à la prudence** dans la gestion des stocks de saumon des Maritimes et de leurs interactions avec le saumon d'élevage évadé. Le bas niveau des stocks dans plusieurs rivières, qui pourrait avoir de multiples causes, milite également en faveur de la prudence.

- Compte tenu des interactions possibles entre le saumon sauvage et le saumon d'élevage, il est **nécessaire de gérer tout bassin hydrographique et ses baies comme une seule et même unité de gestion,** en faisant travailler de concert tous ceux qui sont concernés par le saumon sauvage ou le saumon d'élevage dans la région. Dans le cas de l'ouest de la baie de Fundy, cela engloberait aussi les intervenants du côté américain de la frontière.

- Voici certaines mesures à envisager en priorité pour réduire les risques d'interactions entre le saumon sauvage et le saumon d'élevage :

  - Améliorer le confinement;
  - Améliorer la gestion de la santé du poisson;
  - Revoir la politique sur les implantations et transferts de poissons et améliorer les mesures d'application connexes;
  - Améliorer l'éducation et la formation des travailleurs en aquaculture;
  - Tenir les stocks sauvage aux niveaux requis par la conservation ou au-dessus de ces niveaux;
  - Continuer à utiliser les stocks locaux comme donneurs dans les opérations actuelles d'aquaculture, ou utiliser toute autre souche si elle a été rendue stérile ou qu'elle a été convenablement confinée;
  - Intégrer des analyses de risques au processus de sélection des sites des écloseries et installations d'élevage.

- On recommande que des travaux de recherche soient entrepris dans les domaines suivants :

  - Élaboration de méthodes d'analyse des risques et application de ces dernières à l'évaluation des incidences possibles sur les stocks de saumon sauvage;
  - Étude des interactions entre le saumon sauvage et le saumon d'élevage dans les milieux marins et les milieux d'eau douce, et évaluation des incidences sur le saumon sauvage;
  - Étude du comportement et du sort des saumons qui s'échappent des installations de mariculture.
  - Élaboration et mise à l'essai de principes d'ingénierie et de conception afin d'améliorer le confinement dans les installations de mariculture et les écloseries d'eau douce;
  - Élaboration de techniques de production de saumon stérile se prêtant à l'élevage;
  - Accélération de l'amélioration génétique des souches locales de saumon d'élevage par la technologie moléculaire;
  - Amélioration de l'information et de la méthodologie ayant trait à la santé du poisson (en particulier en ce qui concerne l'état de santé du saumon sauvage, les mécanismes de transmission des maladies et le diagnostic).

Sujet à l'étude

On s'inquiète de l'existence d'interactions entre le saumon sauvage et le saumon d'élevage et de leurs effets néfastes sur la production et la durabilité des stocks sauvages de saumon atlantique dans les provinces Maritimes. L'atelier spécial organisé pour étudier cette question visait à évaluer les impacts possibles de l'élevage du saumon sur les stocks de saumon sauvage et à recommander des moyens de réduire tout risque recensé.

L'atelier portait sur les questions suivantes :

- Le saumon d'élevage a-t-il des interactions avec le saumon atlantique sauvage dans les provinces Maritimes?
- Dans l'affirmative, quelles sont les impacts de ces interactions sur les stocks de saumon sauvage?
- Que devrait-on faire pour réduire les risques de ces impacts?

Bien que l'examen entrepris ait été limité à l'industrie de l'élevage du saumon et aux stocks de saumon sauvage des provinces Maritimes, on s'attend à ce que certaines des conclusions et recommandations formulées soient également applicables à d'autres espèces et à d'autres régions.

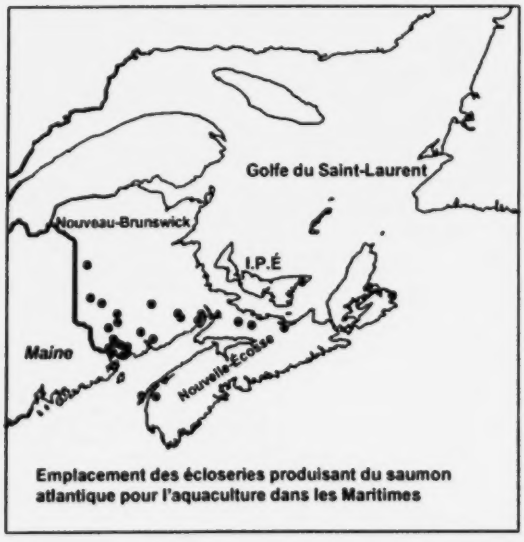
L'industrie de l'élevage du saumon

Provinces Maritimes

En 1997, 30 écloseries produisaient des saumoneaux pour l'aquaculture dans les Maritimes : 23 au Nouveau-Brunswick et 7 en Nouvelle-Écosse. À l'Île-du-Prince-Édouard, on trouvait aussi une écloserie qui

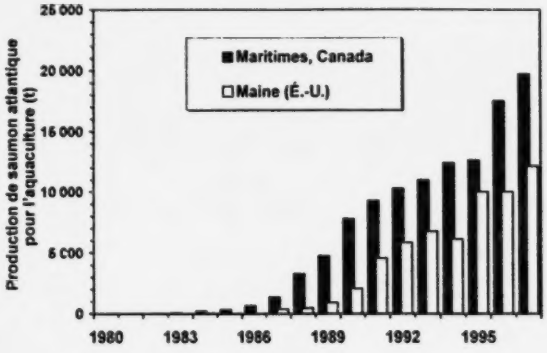
produisait des oeufs et des tacons de saumon atlantique.

L'affinage du saumon d'élevage jusqu'à la taille commerciale a lieu dans des cages installées en mer près des côtes. La première tentative d'affinage réussie dans les Maritimes a commencé en 1978, dans un site expérimental situé au large de l'île Deer (sud-ouest du Nouveau-Brunswick). En 1997, la production totale de saumon atlantique d'élevage des provinces Maritimes et de Terre-Neuve atteignait 20 310 t, représentant une valeur d'environ 145 millions de dollars.

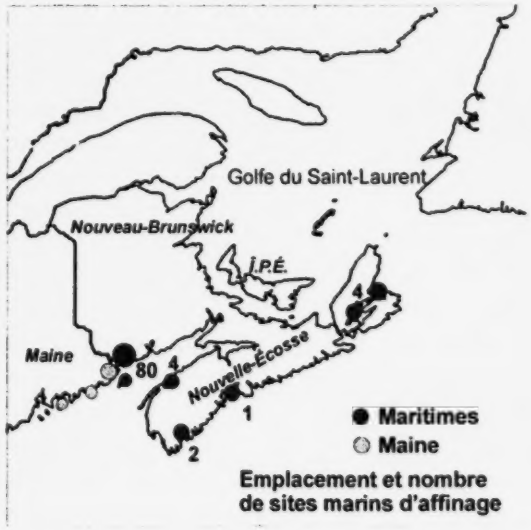


Emplacement des écloseries produisant du saumon atlantique pour l'aquaculture dans les Maritimes

La production des Maritimes représente 39 % de la production totale de saumon atlantique d'élevage du Canada. La Colombie-Britannique représente le plus grand producteur de saumon atlantique d'élevage du pays (60 %), et Terre-Neuve produit le reste (soit 610t). La contribution des provinces Maritimes à la production mondiale de saumon atlantique d'élevage est de 3 %.



Cette production provient de 80 sites d'affinage en mer au sud-ouest du Nouveau-Brunswick (18 600 t, soit 94 % du total) et de 11 sites en Nouvelle-Écosse (1 100 t, soit 6 % du total). En tablant sur un poids moyen du poisson de 4 kg à la récolte, on a donc récolté environ 5 millions de saumons de taille commerciale dans les cages marines aux Maritimes en 1997.



Emplacement et nombre de sites marins d'affinage

On dénombre également cinq sites d'acclimatation de saumoneaux en eaux

saumâtres dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick, et au moins onze sites d'affinage de la truite-arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*), dont deux dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick et les neuf autres en Nouvelle-Écosse.

En 1998, par suite d'une flambée d'« anémie infectieuse du saumon » (AIS), maladie virale, dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick, l'élevage fut suspendu dans 21 sites des trois baies initialement infectées (baie Lime Kiln, Bliss Harbour et anse Seal) et cinq nouveaux sites furent agréés pour accueillir la production de saumoneaux cette année-là. Actuellement, on pratique la récolte et la mise en jachère dans d'autres sites où l'AIS a été détectée.

Maine (É.-U.)

L'élevage du saumon atlantique a commencé au Maine en 1982; la première récolte, de 20 t, a été effectuée en 1984. Actuellement, l'industrie de l'élevage du saumon au Maine se compose de douze entreprises qui exploitent 33 sites de mariculture comptant 773 cages sur environ 800 acres de concessions aquacoles, cinq écloseries d'élevage de saumoneaux en eau douce et cinq usines de transformation. Plus de 4 millions de saumoneaux sont placés dans des cages marines chaque année et la récolte annuelle dépasse maintenant les 12 000 t. Environ 90 % de la production du Maine provient d'une zone située à 50 km de la frontière du Canada.

Les trois stocks de saumon utilisés actuellement sont originaires de la rivière Penobscot (Maine), du fleuve Saint-Jean (Nouveau-Brunswick) et d'Écosse (stock introduit entre 1989 et 1995 et composé surtout de diverses souches norvégiennes; souvent désigné « Landcatch », du nom de l'entreprise qui a fourni ce stock). De la laitance d'origine norvégienne (importée via l'Islande) a aussi été utilisée en 1997 et 1998. Les souches pures ou hybridées ayant des influences génétiques européennes représentent maintenant de 30 à 50 % de la production au Maine.

Programme de sélection du saumon atlantique

Le premier programme de sélection organisé au **Nouveau-Brunswick** avait pour but d'évaluer les composantes génétiques associées surtout au pacage marin. Au fur et à mesure du développement de l'industrie aquacole, le programme a changé d'orientation, pour s'intéresser notamment à l'aptitude des souches locales à être élevées en cages marines. La disponibilité et le rendement supérieur du stock du fleuve Saint-Jean en firent le stock préféré pour la production commerciale.

Récemment, le programme de développement de stocks géniteurs de l'industrie du saumon atlantique au Nouveau-Brunswick a été axé sur la sélection familiale, l'objectif étant d'améliorer les souches du fleuve Saint-Jean pour l'aquaculture. Divers programmes de sélection distincts mis en oeuvre par les entreprises continuent de recourir à la sélection de masse. La maladie a occasionné des pertes de géniteurs et a donc nui aux progrès de la sélection. On a récemment comparé le rendement en écloserie de la souche du fleuve Saint-Jean et de la souche

Landcatch (européenne), mais les résultats obtenus ne sont pas concluants.

En **Nouvelle-Écosse**, il n'y a pas de programme provincial de sélection structuré. Les entreprises d'élevage ont jusqu'ici pratiqué la sélection à partir d'une combinaison de stocks locaux et du stock importé du fleuve Saint-Jean. Pour leur part, les éleveurs de Terre-Neuve ont surtout recours au stock importé du fleuve Saint-Jean.

La domestication du poisson d'élevage se produit à chaque génération de sélection des caractéristiques jugées souhaitables par l'industrie. Avec la domestication, la capacité du saumon d'élevage à survivre et à se reproduire dans la nature devrait diminuer. Toutefois, les souches utilisées dans l'industrie ne sont généralement retirées des stocks sauvages que depuis quatre générations tout au plus; elles sont donc encore très capables d'avoir des interactions avec le saumon sauvage, comme le révèle leur présence dans les rivières où se trouvent des écloseries et à proximité des sites de mariculture.

Traditionnellement les entreprises d'élevage de saumon du **Maine** ont eu davantage accès à des stocks non locaux que leurs homologues canadiennes. Chaque entreprise d'aquaculture de saumon atlantique du Maine a établi son propre programme de sélection, reposant sur la sélection de masse à partir des souches nord-américaines et européennes à la disposition de l'industrie.

État des stocks de saumon sauvage

État des stocks dans les Maritimes

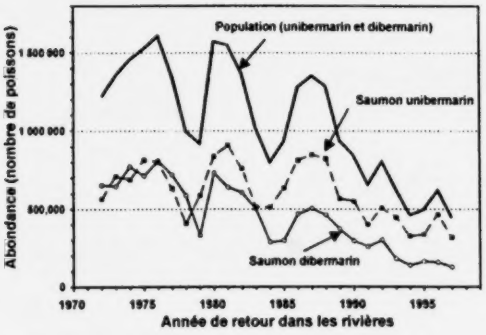
Dans les provinces Maritimes, on a signalé la présence de populations de saumon atlantique dans plus de 150 rivières. Ces populations se caractérisent par des différences dans le cycle biologique, notamment dans la durée du séjour en eau douce, dans l'âge à maturité et dans l'étendue des migrations en océan.

D'importantes distinctions géographiques caractérisent l'état des stocks de saumon atlantique dans les provinces Maritimes. Les stocks de la baie de Fundy et de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse sont tombés à de bas niveaux et présentent un faible potentiel de rétablissement en raison du déclin des juvéniles. Le nombre de poissons d'élevage a augmenté proportionnellement au déclin de l'abondance du saumon sauvage.

Les stocks du sud du golfe du Saint-Laurent ont aussi décliné ces dernières années, mais l'abondance des juvéniles dans cette région est de moyenne à forte et, dans la plupart des rivières, les niveaux requis pour la conservation ont été presque atteints ou dépassés.

La population totale de saumons unibermarins et dibermarins dans l'Atlantique Nord-Ouest suit une tendance générale à la baisse depuis les années 1970; l'abondance enregistrée de 1993 à 1997 a été la plus faible de la série chronologique. Cette population englobe la plupart du saumon

atlantique sauvage produit dans le plupart des 550 rivières de l'Amérique du Nord.



Échappées nécessaires à la conservation

L'évaluation de l'état des stocks dans les rivières de la baie de Fundy et de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse révèle que dans plus de la moitié des rivières évaluées en 1996 et 1997, la ponte correspondait à moins de 50 % du niveau requis pour la conservation. Cette proportion tombait à 25 % ou moins dans les rivières de la baie de Fundy en 1997.

Le poisson d'origine aquacole représente une importante proportion des montaisons totales de saumon adulte dans plusieurs rivières de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse et de la baie de Fundy. Dans le fleuve Saint-Jean (à Mactaquac), le nombre de saumons d'élevage présents dans les montaisons a augmenté au fur et à mesure de la diminution de l'abondance des saumons sauvages. En 1998, les poissons d'élevage représentaient environ 80 % des montaisons.

Les besoins associés à la conservation ont été mieux atteints dans les rivières du sud du golfe du Saint-Laurent; en effet, ils ont été comblés ou dépassés dans 10 des 18 rivières évaluées en 1997; la ponte n'était inférieure à 50 % du niveau ciblé que dans une seule rivière.

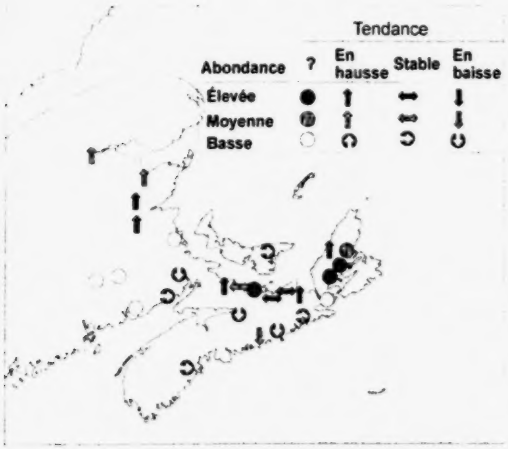
Du fait de l'incapacité persistante des stocks de certaines zones des Maritimes à atteindre les niveaux requis pour la conservation, on a progressivement interdit la pêche du saumon atlantique dans les rivières, en commençant par la fermer dans les rivières de l'arrière-baie de Fundy en 1990, pour en arriver, en 1998 au plus restrictif des régimes de gestion des pêches fluviales à ce jour, autorisant les pêcheurs à capturer et garder du petit saumon uniquement dans les rivières du sud du golfe du Saint-Laurent. Les pêches commerciales de saumon sont fermées dans les Maritimes depuis 1984.

Abondance du saumon sauvage juvénile

Les densités de juvéniles ont augmenté dans les années 1980 et au début des années 1990 dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Le niveau d'abondance est maintenant de moyen à élevé. Dans les rivières de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse et de la baie de Fundy, le nombre de juvéniles est bas et, dans certains cas, continue de diminuer, comme dans la rivière Stewiacke où les densités relevées en 1997 étaient les plus basses à ce jour.

Ces tendances de l'abondance des juvéniles suivent une direction parallèle à celles des adultes. Quand l'abondance des adultes et des juvéniles diminue en même temps, comme c'est le cas dans les rivières de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse et, particulièrement, de la baie de Fundy, le temps nécessaire au rétablissement du stock

augmente, tandis que le potentiel de rétablissement de ce stock diminue.



État des stocks de l'arrière-baie de Fundy

Les stocks de saumon des rivières de l'arrière-baie de Fundy diffèrent de ceux du reste de l'Amérique du Nord par leurs migrations et leur cycle biologique. À l'heure actuelle, les montaisons de saumon dans les rivières de l'arrière-baie de Fundy sont tombées à un seuil record.

Ce groupe unique de stocks de saumon est entretenu par au moins trente-trois rivières, situées dans la partie supérieure de la baie de Fundy. Le nombre de saumons requis pour la conservation de ces stock est chiffré au total à environ 10 000. Certaines des rivières considérées ont été empoissonnées par des stocks de saumon d'élevage non indigènes avant 1970.

La migration océanique de ces stocks est locale et leur survie en mer varient grandement. Des étiquettes récupérées sur du saumon sauvage et du saumon d'élevage provenant de l'arrière-baie de Fundy révèlent que tant chez les saumoneaux que chez les saumons adultes une grande partie des migrations océaniques a lieu dans la baie de Fundy et que ces poissons ne migrent pas, à l'instar d'autres stocks de saumon, vers la mer du Labrador. Une forte proportion de ces saumons ne vient à maturité qu'après avoir passé un hiver en mer. La variabilité de la survie est compensée par une forte survie entre les pontes multiples possibles.

Le saumon de l'arrière-baie de Fundy alterne historiquement entre des périodes de forte et de faible abondance. La période de forte abondance la plus récente remonte au milieu des années 1980. Depuis, les montaisons de saumon dans ces rivières sont tombées à des seuils records dans les années 1990. Actuellement, le saumon atlantique sauvage de tout âge est rare dans toutes les rivières de l'arrière-baie de Fundy.

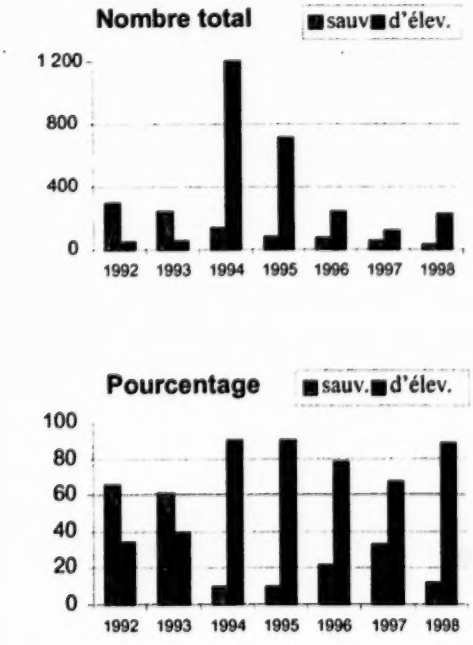
État du stock de la rivière Magaguadavic

Le saumon de la rivière Magaguadavic fait partie d'un stock de l'avant-baie de Fundy et comme ses congénères, il migre vers la mer du Labrador. Cette rivière se jette dans la baie Passamaquoddy, où se trouve une grande partie des installations de mariculture du Nouveau-Brunswick; de plus, trois des écloseries de l'industrie sont situées sur la rivière.

Les montaisons de saumon sauvage dans la rivière Magaguadavic sont désespérément basses. Lors de dénombrements irréguliers aux échelles à poisson réalisés entre 1983 et 1988, on a recensé des montaisons annuelles de 638 à 940 poissons; en 1983, un petit nombre d'entre eux étaient des évadés du

Programme de recherche sur la génétique du saumon mis sur pied par la Fédération du saumon atlantique, à Chamcook.

Depuis 1992, on chiffre chaque année les montaisons de géniteurs; elles ont constamment diminué pour tomber de 293 à seulement 31 poissons en 1998. Parallèlement, la ponte, qui correspondait à 80 % des besoins de la conservation en 1992, a chuté à 2,3 % en 1998. L'abondance du saumon sauvage juvénile est très faible dans la plupart des endroits du bassin hydrographique (sauf dans certains cours d'eau situés en aval ou à proximité d'écloseries commerciales). Compte tenu de l'état critique du stock de saumon sauvage de la Magaguadavic, on a lancé un programme spécial en 1998 pour préserver les gènes du stock sauvage par cryopréservation (entrepossage au congélateur) du sperme prélevé sur des mâles sauvages.



Facteurs susceptibles d'influencer l'abondance du saumon sauvage

La production et l'abondance du saumon sauvage risquent d'être influencées par tout un éventail de facteurs. La **production en eau douce** est considérablement freinée dans les rivières de la baie de Fundy et celles de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse par des passes migratoires inefficaces et par diverses formes de dégradation de l'habitat. Les obstacles à la migration du poisson aux barrages hydroélectriques ont des répercussions à la fois sur le saumoneau qui migre vers la mer et sur les saumons adultes qui remontent dans au moins sept rivières de la baie de Fundy et de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse. Les pluies acides ont pour leur part des effets importants sur la production de saumon dans les terres hautes du sud (côte atlantique) en Nouvelle-Écosse. Sur les soixante rivières à saumon atlantique que compte cette région, 14 ne connaissent plus de montaisons de saumon sauvage, tandis que les montaisons ont été très touchées dans 20 rivières et légèrement dans 16 autres.

Parmi les autres contraintes d'habitat qui influent sur la production en eau douce, citons aussi les diverses utilisations des terres pour l'agriculture intensive et d'autres formes d'exploitation, ainsi que les utilisations de l'eau, tant dans les installations hydroélectriques que dans les municipalités.

La diminution des montaisons de saumon adulte dans les rivières des Maritimes ces dernières années est en grande partie due à une faible **survie en mer**. On ne dispose pas

de mesures à long terme de la survie en mer des stocks de saumon sauvage dans les Maritimes. Dans les années 1990, la survie en mer de trois stocks de saumon d'élevage (LaHave et Liscomb, en Nouvelle-Écosse, et Saint-Jean, au Nouveau-Brunswick) a atteint son plus bas niveau. Quant à la survie en mer des saumoneaux d'élevage du fleuve Saint-Jean, elle a diminué au début des années 1980, alors que dans les autres stocks de saumon d'élevage et dans les stocks de saumon sauvage du Québec elle a décliné entre 1988 et 1990.

L'aquaculture du saumon peut aussi influer sur le stock de saumon sauvage par des interactions écologiques, pathologiques ou génétiques. La production de saumon d'élevage a augmenté dans l'est du Canada de façon exponentielle depuis 1981. Une analyse de corrélation entre les niveaux de production du saumon d'élevage dans les Maritimes et la série chronologique de données sur la survie en mer des stocks des trois écloseries ne révèle pas d'association significative.

S'il a des répercussions sur le saumon sauvage, l'élevage du saumon devrait vraisemblablement influer surtout sur les stocks situés à proximité des principales régions d'élevage. Le niveau d'impact possible des évadés de l'aquaculture serait liée aux proportions relatives du mélange de saumons d'élevage et de saumons sauvages dans les baies et les rivières.

Dans seulement trois des rivières évaluées dans les provinces Maritimes le stock total dépasse 10 000 poissons chaque année: deux rivières du sud du golfe du Saint-Laurent et le fleuve Saint-Jean. Un bon nombre des rivières restantes sont petites et ont des montaisons annuelles de moins de 500 poissons, et, pour certaines d'entre elles, de moins de 100 saumons adultes; c'est le cas, en particulier, des rivières de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse dont les populations sont menacées par les retombées acides et de celles de l'arrière-baie de Fundy dans lesquelles la cause de faibles montaisons est inconnue.

Entre 1992 et 1997, les montaisons totales de saumon atlantique sauvage et de saumon atlantique d'élevage adultes dans les rivières des Maritimes se situaient entre 115 000 et 229 000 poissons. On estimait que le nombre total de saumons sauvages et de saumons d'élevage qui revenait dans toutes les rivières de la baie de Fundy oscillait entre 11 000 et 22 000 poissons. Par comparaison, le nombre total de saumons élevés en cages marines dans la baie de Fundy (y compris au Maine) dépasserait régulièrement les quinze millions de poissons, toutes classes d'âge confondues.

Abondance actuel du saumon atlantique (sauvage et d'élevage) revenant dans les rivières des Maritimes

Les estimations du nombre d'évasions signalées de saumons d'élevage des cages marines par suite de tempête dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick en 1994 sont égales aux montaisons totales estimées de saumon sauvage sur la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse et dans la baie de Fundy (de 20 000 à 40 000 poissons environ).

Y a-t-il des preuves d'interaction?

Rivières des Maritimes

On ne dispose pas de rapport détaillé sur les saumons d'élevage évadés des installations aquacoles. Certains cas isolés ont été documentés; tel qu' en septembre 1994, quand 20 000 à 40 000 saumons environ ont été perdus lors d'une tempête dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick et en novembre 1998 lorsque 8 000 poissons se sont évadés de cages marines dans le bassin d'Annapolis, en Nouvelle-Écosse.

On n'a pas effectué de relevé exhaustif de toutes les rivières des Maritimes pour déceler la présence de saumons d'élevage évadés. Néanmoins, il y a des preuves de la présence d'évadés dans plusieurs rivières des provinces Maritimes. Ces données sont fondées sur l'examen des poissons aux stations de surveillance et sur les prises effectuées dans le cadre d'opérations de collecte de géniteurs, de programmes d'échantillonnage spéciaux ou de relevés des juvéniles ou d'adultes à l'électropêche. Les évadés ont généralement été identifiés d'après l'érosion des nageoires et la forme du corps, ainsi que d'après les marques de croissance sur les écailles.

On a signalé la présence de saumon d'élevage dans 14 rivières du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse depuis le début de l'aquaculture, en 1979. Des saumons juvéniles évadés des écloseries qui alimentent l'industrie de l'affinage ont été trouvés dans quatre rivières, soit la Digdeguash, la Magaguadavic, la Waweig et la Nashwaak.

La proportion du saumon d'élevage dans les montaisons de certaines rivières a été élevée, comme par exemple dans la Gaspereau, en Nouvelle-Écosse, où 27 % (3 poissons sur 11) des saumons échantillonnés en un an étaient des saumons d'élevage, et dans la Magaguadavic, au Nouveau-Brunswick, ou pendant au moins deux ans, 90 % (1 910 poissons sur 2 120) ou plus des saumons qui ont pénétré dans la rivière étaient des saumons d'élevage.

Rivières de l'arrière-baie de Fundy

On a périodiquement observé des saumons d'élevage évadés dans les stocks de géniteurs de certaines rivières de l'arrière-baie de Fundy. Contrairement à ce qu'on a constaté dans les stocks de saumon de l'avant-baie de Fundy ou de la côte atlantique, les données historiques de marquage des stocks de l'arrière-baie de Fundy dénotent une utilisation prolongée de l'habitat marin de l'ouest de la baie de Fundy, y compris de la région où est concentrée l'industrie de l'élevage du saumon, par les postsaumoneaux et les saumons adultes. Un bon nombre des lieux où les étiquettes de saumon ont été recouvrées (pêcheries à fascines de haute chute de l'ouest de la baie de Fundy) sont maintenant des sites de mariculture du saumon. La proximité des postsaumoneaux et des saumons adultes de l'arrière-baie de Fundy aux sites de mariculture du saumon accroît les risques que ces saumons sauvages subissent les effets des modifications de l'environnement dues aux élevages de saumon.

Rivière Magaguadavic

Au début, soit en 1994, les évadés de l'aquaculture étaient plus nombreux que les saumons sauvages dans les montaisons au sein de la rivière Magaguadavic. Par la suite, ils ont représenté de 67 à 90 % (1994-1998, moyenne de 75 %) des saumons pénétrant dans la rivière. Avant 1997, certains des saumons d'élevage étaient passés en amont. En 1993, on a confirmé la fraye de femelles évadées. En 1995 et 1996, des saumons d'élevage mature – adultes et sous-adultes - étaient présents dans la rivière et pourraient s'être hybridés avec des femelles sauvages. Depuis 1997, seuls les poissons identifiés comme étant des poissons sauvages ont été admis à l'échelle à poisson à l'embouchure de la rivière.

Des saumons juvéniles s'évadent aussi de trois écloseries situées dans le bassin hydrographique de la Magaguadavic. Des tacons évadés ont été trouvé surtout dans les cours d'eau situés en aval ou à proximité des écloseries commerciales. Des échantillons de saumoneaux quittant la rivière prélevés en 1996 et 1998 étaient composés de 51-67 % et 82 % d'évadés d'écloserie, respectivement. Il est possible que ces évadés reviennent plus tard à l'état d'adultes sauvages pour frayer dans la rivière et s'hybrider avec la population naturelle de saumon sauvage.

Rivières du Maine

C'est habituellement en hiver que ce concentre l'évasion du saumon atlantique des cages marines dans l'est du Maine. On a documenté pour la première fois la présence de saumon d'élevage dans une rivière du Maine en 1990; depuis, des évadés ont été documentés dans 8 rivières. C'est dans les rivières proches des sites d'élevage en cages marines du Maine et du Nouveau-Brunswick que le nombre d'évadés était le plus élevé, le saumon d'élevage représentant >50 % des montaisons d'adultes dans certaines rivières ces dernières années.

Depuis 1996, on observe chaque année un petit nombre d'évadés mature dans trois rivières du Maine. Dans la St. Croix, 17 évadés ont été sacrifiés en septembre 1998 et 5 (30 %) présentaient des signes de

maturation sexuelle. Les effets des intrusions de saumons d'élevage dans les rivières du Maine sont actuellement inconnus.

Autres endroits

Des saumons atlantique d'élevage évadés ont été signalés dans plusieurs autres régions, notamment en Colombie-Britannique, à Terre-Neuve et dans le nord de l'Europe. En Columbie-Britannique, où la production de saumon atlantique est quelque peu supérieure à celle des provinces Maritimes plus Terre-Neuve (30 791 t par opposition à 20 310 t), environ un quart de million d'évadés ont été signalés par l'industrie au cours de la dernière décennie. En 1991, on a mis en oeuvre un programme fédéral-provincial de surveillance du saumon atlantique, dans le but de surveiller et documenter les indications de présence de saumon atlantique dans les rivières et les eaux côtières de la Colombie-Britannique. En 1997, on a notamment observé du saumon atlantique dans 29 rivières du sud-ouest de la province. Le saumon atlantique n'est pas indigène sur la côte ouest du Canada. Par conséquent, bien que le nombre de poissons signalé dans n'importe laquelle des rivières ait été faible (maximum de 39 dans un cas donné), on surveille de près sa présence pour des raisons écologiques. On n'a pas trouvé de poisson d'élevage dans les rivières situées au nord de la région centrale de la Colombie-Britannique et la plupart du poisson observé se trouvait dans des rivières situées à proximité d'installations d'élevage du saumon atlantique.

À Terre-Neuve, des évadés (adultes et saumoneaux) de la région de la baie d'Espoir, sur la côte sud de l'île - seul site d'élevage du saumon - ont été trouvés dans la rivière Conne (<2 % des montaisons), située à proximité.

Le plus grand producteur mondial de saumon d'élevage est la Norvège; en 1997, la production y était d'environ 310 000 t. Certaines années, les évadés ont été nombreux et on a signalé la présence de saumons d'élevage dans des pêches côtières en mer (40 % de l'échantillonnage en 1997) et sur des rivières. Des évadés ont également été capturés en grand nombre dans les lieux d'alimentation du poisson dans la mer de Norvège et, selon les indications, ces poissons sont retournés de façon aléatoire dans toutes les rivières de la côte norvégienne.

Les répercussions de l'entrée des évadés dans les rivières de Norvège ont été importantes dans les cas où ceux-ci représentaient plus de 70 % des saumons entrant dans les rivières. La surveillance de 30 rivières norvégiennes en 1997 a révélé la présence de saumon d'élevage dans vingt-six d'entre elles et, collectivement, les échantillons prélevés dans ces rivières contenaient 29 % de saumon d'élevage. On a constaté que ce saumon d'élevage frayait et s'hybridait. C'est dans les rivières du nord de la Norvège que le taux d'évadés parmi les prises était le plus bas et dans celles du sud, où l'industrie aquacole est concentré, qu'il était le plus élevé.

En Écosse, il n'y a pas de système officiel en place pour rendre compte des évadés de l'aquaculture. On trouve les mêmes signes qu'en Norvège de la présence de poissons

d'élevage dans les pêches côtières en mer et dans les rivières. Dans un cas, les saumons d'élevage représentaient près de la moitié des poissons entrant dans la rivière, et il a été prouvé que leur nombre a augmenté au fil du temps.

L'aquaculture du saumon atlantique en Islande est concentrée dans le sud-ouest de l'île, et du saumon d'élevage a été capturé dans les rivières situées à proximité de cette industrie.

Quelles sont les impacts écologiques et comportementaux possibles?

L'abondance et la distribution des écloseries et des cages marines d'élevage du saumon de la région des îles de Fundy, au sud-ouest du Nouveau-Brunswick, sont propices à une interaction écologique avec le saumon sauvage. Certains saumons d'élevage s'évadent dans les eaux douces entre le stade d'alevin et celui de saumoneau et dans les eaux côtières salées entre le stade de saumoneau et celui d'adulte. Ces évadés peuvent se déplacer d'un habitat à l'autre et avoir des interactions directes ou indirectes avec le saumon sauvage. Les interactions écologiques tendent à consister en des liens possibles avec la transmission de maladies et avec des interactions génétiques traitées ailleurs dans le présent rapport, mais qu'il importe de ne pas considérer séparément.

Le saumon d'élevage évadé qui pénètre en **eau douce** peut avoir des interactions avec le saumon sauvage durant la migration naturelle et la fraye de ce dernier. Malgré des différences dans le comportement migratoire, certains saumons d'élevage évadés remontent les rivières fréquentées par le saumon sauvage, qui peuvent alors être le siège d'interactions. Les effets de la présence de saumons d'élevage évadés sur le comportement migratoire du saumon sauvage n'ont jamais été examinés. Toutefois, la presence d'évadés dans les rivières, en particulier les saumons immatures qui peuvent recommencer à s'alimenter, pourraient représenter de nouveaux compétiteurs.

Les évadés matures (mâles et femelles) frayent dans certaines rivières des Maritimes, mais on ne sait pas à quel point ils se reproduisent avec succès. Toutefois, le succès de la fraye des évadés a été bien documenté en Europe, où on a aussi des preuves manifestes d'incidences néfastes dues à la destruction des oeufs de saumon sauvage par superposition des nids des femelles évadées des élevages. Les indications provenant d'Europe révèlent que la fraye des saumons d'élevage évadés dans les rivières aboutira à la production de descendants de saumons d'élevage et de saumons hybrides (saumons d'élevage-x-saumons sauvages), qui pourront subséquemment avoir des interactions avec la progéniture sauvage.

Des interactions entre le saumon sauvage, le saumon d'élevage et le saumon hybride en eau douce sont susceptibles de se produire de l'une ou l'autre des façons suivantes : 1) par les évadés des écloseries d'eau douce; 2) par la fraye et la production de descendants du saumon d'élevage. Quoiqu'on puisse s'attendre à ce que les juvéniles de saumon d'élevage et de saumon hybride aient une moins bonne valeur adaptative et une moindre survie en rivière que les juvéniles sauvages, on peut aussi s'attendre à ce qu'ils

aient le dessus sur la concurrence à certains stades de leur cycle biologique et dans certains milieux. Les évadés des écloseries du sud-ouest du Nouveau-Brunswick sont généralement plus gros que les saumons sauvages du même âge, ce qui peut être un avantage déterminant dans les situations de compétition. En outre, la présence de nouvelles classes de taille de poisson, différentes de celles qu'on trouve normalement dans les populations sauvages, pourrait modifier l'équilibre concurrentiel entre les classes d'âge.

Selon certaines indications en Amérique du Nord et en Europe, l'élevage du poisson aboutirait à d'importants changements génétiques dans des traits caractéristiques liés à la valeur adaptative (p. ex. hausse du taux de croissance, modification de l'agressivité, et réaction diminuée à la prédation). Ces changements sont susceptibles d'influer sur les capacités compétitives des descendants des saumons d'élevage et des saumons hybrides, et en fin de compte d'affecter les interactions de compétition pour la nourriture et l'espace avec le saumon sauvage. Il existe des preuves indirectes de l'éviction des juvéniles de saumon sauvage par des juvéniles de saumon d'élevage et de saumon hybride dans l'habitat de certaines rivières d'Irlande.

Les relations prédateur-proie risquent aussi d'être modifiées par la présence d'un grand nombre de juvéniles de saumon d'élevage et de saumon hybride dans les cours d'eau.

Dans le **milieu côtier et marin,** les postsaumoneaux et les adultes peuvent, dans leur migration, traverser des zones où se trouvent des rangs serrés de cages marines contenant du poisson d'élevage (p. ex., dans la baie Passamaquoddy et dans la région des îles de Fundy, aux Maritimes). Cette situation présente un risque d'interactions comportementales pendant les migrations du saumon sauvage (susceptible d'influer sur le trajet, la période de migration ainsi que sur l'instinct de retour), de transmission de maladies entre le saumon à l'intérieur et autour des cages, et d'interactions avec les prédateurs (p. ex. phoques et oiseaux alentour des cages). La baisse de la survie des postsaumoneaux qui passent de la baie Passamaquoddy à la baie de Fundy en suivant un trajet le long duquel les élevages en cage sont nombreux, par comparaison à un trajet où la densité des cages est moindre, porte à croire que des effets écologiques ont lieu. La mortalité connexe pourrait être liée à une plus grande exposition aux prédateurs.

On considère qu'il y a plus d'interactions possibles entre le saumon sauvage et le saumon d'élevage chez les stocks ou stades biologiques à courtes migrations ou à migrations côtières (p. ex. les stocks de l'arrière-baie de Fundy et les frayeurs multiples des rivières proches des élevages de poisson) que chez les poissons qui migrent rapidement dans l'Atlantique Nord. Au cours de la dernière décennie, la proportion de frayeurs multiples de la rivière Magaguadavic a considérablement diminué.

Le comportement des évadés des cages marines est un élément important pour déterminer les interactions écologiques possibles avec le poisson sauvage. La fidélité au site pourrait attirer les prédateurs. L'instinct apparent de retour de certains

évadés des cages marines dans des rivières données pourraient faire de ces rivières des pôles d'attraction du poisson d'élevage et accroître les interactions écologiques et génétiques possibles avec les stocks de saumon locaux. La majorité des évadés se dispersent probablement en mer (comme en témoigne la grande différence entre le nombre de poissons qui s'évadent des cages et le nombre d'évadés recensés dans les rivières), ce qui pourrait élargir la zone d'interactions possibles. Ces saumons d'élevage évadés dans le milieu marin pourraient ensuite avoir des interactions avec les stocks locaux ainsi que les stocks non-locaux.

Interactions écologiques possibles entre le saumon atlantique d'élevage et le saumon atlantique sauvage

INTERACTIONS	*Examinées*	*Démontrées*	*Risques pour les stocks sauvages*
1) DIRECTES			
Compétition dans l'océan	Non	—	Inconnus
Interférence avec les migrations	Non	—	Inconnus
Perturbation de la reproduction	Oui	Non, mais inconnues pour F1 et les générations subséquentes	Faibles
Superposition des nids	Oui	Oui	Moyens
Compétition pour la nourriture et l'espace en eau douce	Oui, surtout en laboratoire	Oui	Élevés
Éviction de l'habitat en eau douce	Oui, mais indirectement	Oui, mais insuffisance de mesures de contrôle	Élevés
2) INDIRECTES			
Modifications des relations prédateur-proie	Oui, saumons d'écloserie	Oui	Élevés
Perturbation des migrations due aux cages et écloseries	Oui	Non	Inconnus
Hybridation	Oui, mais seulement à la première génération	Oui	De moyens à élevés

D'après des renseignements provenant d'Europe et certaines données des Maritimes.

Les différences de taille et de valeur adaptative entre le poisson sauvage et le poisson d'élevage (évadés et progéniture) peuvent aussi se traduire par des différences dans la survie en mer des postsaumoneaux et des adultes, qui influeraient sur le nombre de poissons de chaque types revenant frayer.

Localement, on a réalisé des études avec des saumons évadés pénétrant dans la Magaguadavic, pour déterminer si ces poissons ont un instinct de retour dans la rivière, ou si leur entrée dans cette dernière est le fait du hasard. Les études en question

ont eu lieu en 1997 et en 1998; elles consistaient à marquer les évadés qui franchissaient l'échelle à poisson, puis à les retransplanter dans le milieu marin, jusqu'à 48 km de l'embouchure de la rivière. En 1997, seul un poisson sur 78 est revenu dans la rivière. En revanche, en 1998, 13 % (7 individus sur 55) des poissons ≤ 63 cm de longueur à la fourche (LF) et 26 % (24 individus sur 89) des poissons > 63 cm de LF sont revenus dans la Magaguadavic.

Les poissons qui étaient revenus dans la rivière une première fois ont ensuite été transportés et remis en liberté à un autre site, et parmi ceux-là ceux qui sont revenus à nouveau dans la rivière ont été remis en liberté une troisième fois. La fraction des poissons revenant dans la rivière a augmenté lors des transplantations subséquentes dans le cas des petits saumons évadés et elle est restée relativement constante chez les grands saumons. Il est clair que les poissons qui revenaient dans la Magaguadavic la considéraient comme rivière d'origine, leur imprégnation de la rivière ayant pu se produire pendant leur affinage à l'état de saumoneau dans une des trois écloseries du bassin hydrographique. Tant les poissons en maturation que les autres présentaient cet instinct de retour aux eaux d'origine.

Quels sont les impacts pathologiques possibles ?

Vue d'ensemble

Il ressort des données historiques que des maladies du poisson ont été décelées dans les populations de salmonidés sauvages dès le tournant du siècle. Des preuves documentées provenant de la côte ouest de l'Amérique du Nord et de l'Europe ont révélé que des maladies détectées dans des populations sauvages ont touché des stocks d'élevage, l'inverse se présentant aussi en de rares occasions, comme dans le cas de la transmission de la furonculose des élevages de saumon atlantique aux populations de saumon sauvage, par l'entremise des saumons d'élevage évadés, dans les rivières de Norvège. Dans ce cas particulier, il faut savoir que la maladie avait été introduite en Norvège par le transfert de poisson vivant provenant d'Écosse. Cet exemple confirme aussi que le plus grand risque pathologique réside dans l'introduction d'une maladie exotique dans une nouvelle région. Il existe des règlements internationaux, nationaux et locaux efficaces pour réduire le risque d'une telle situation.

La présence de maladies dans le poisson d'élevage représente toujours un risque. Toutefois, des améliorations considérables ont été apportées aux programmes d'éradication des maladies du poisson d'élevage, en particulier avec l'avènement de vaccins efficaces contre les maladies bactériennes.

Dans les Maritimes, les données sur la prévalence des maladies sont limitées. La situation devrait être rectifiée avec les modifications qui vont être apportées au *Règlement sur la protection de la santé du poisson.* En fin de compte, il n'y a aucune preuve que dans la Région des Maritimes les maladies du poisson d'élevage aient eu des incidences sur le poisson sauvage ou vice-versa.

La majorité des épreuves diagnostiques effectuées par la Section de la santé du poisson portent sur des échantillons aléatoires de poisson prélevés à des fins d'inspection réglementaire. De 1993 à 1998, on a examiné environ 43 000 salmonidés d'élevage en vue de détecter d'éventuels agents bactériens et viraux. En ce qui concerne les populations sauvages, on a procédé à des épreuves limitées portant sur 5 433 salmonidés sauvages de 1987 à 1998.

Les agents identifiés dans le poisson sauvage comprenaient *Renibacterium salmoninarum*, *Aeromonas salmonicida*, le virus de la nécrose pancréatique infectieuse, *Vibrio anguillarum*, *Edwardsiella tarda* et les poux de poisson (*Caligus sp.* et *Lepeophtheirus sp.*). Tous les agents identifiés dans les stocks sauvages ont été trouvés aussi dans les populations de salmonidés d'élevage des Maritimes, ainsi que *Vibrio salmonicida*, l'agent responsable de la maladie des reins à évolution chronique, *Enterocytozoon sp.* et le virus de l'anémie infectieuse du saumon (AIS).

On n'a pas évalué les tendances de la prévalence des maladies chez la population de poissons d'élevage et sauvage. Avec le système d'échantillonnage actuellement en place, cela serait difficile. On ne connaît pas les incidences des agents infectieux identifiés dans les Maritimes sur les populations de poisson sauvage.

Infestation par le pou du poisson

L'infection par le pou du poisson, *Lepeophtheirus salmonis*, est inévitable dans l'élevage du saumon atlantique en cage marine, en raison de la présence des réservoirs locaux de poisson sauvage dans les zones d'élevage, y compris aux Maritimes.

Bien que des améliorations considérables aient été apportées dans l'éradication des poux chez le saumon d'élevage, ceux-ci continuent d'être à l'origine des principaux problèmes pathologiques nécessitant un traitement régulier. On recompait internationnalement que la présence de poux chez le saumon d'élevage contribue à l'infestation des populations locales de saumon sauvage, mais on ignore dans quelle mesure et on n'en connaît pas d'avantages les conséquences.

Le saumon évadé des élevages transmet au milieu ambiant toutes les infections dont il est porteur. On a des preuves qu'en Europe les saumons d'élevage évadés ont plus de poux que le saumon sauvage capturé dans ses aires d'alimentation océaniques. L'absence de données historiques sur la quantité de poux présente dans le saumon sauvage avant le développement de l'aquaculture empêche de déterminer si elle différait de celle qu'on connaît actuellement. De même, le manque de connaissances sur la dispersion des poux à l'état infectieux dans les élevages et les milieux côtiers ne permet pas de tirer des conclusions pour l'emplacement des sites d'élevage du saumon et sur l'infection du saumon sauvage par les poux. Bien qu'il soit possible que tout changement dans la quantité de poux influe sur le rapport poux-saumons sauvage, les preuves actuellement disponibles ne permettent pas de déterminer si les poux du poisson présents chez le saumon d'élevage

ont des incidences importantes sur les stocks de saumon sauvage.

Les dénombrements de poux du poisson sur les évadés franchissant l'échelle à poisson de la **rivière Magaguadavic** de 1992 à 1998 aboutissaient généralement, mais pas toujours, à des chiffres bas. La majorité des poissons n'avaient pas de poux, même en 1994 et 1995, années où l'aquaculture a connu sa pire infestation jusqu'à date. Toutefois, il faut savoir que l'échelle se trouve en eau douce au-dessus de la ligne extrême des eaux de marée, et que le poisson qui y pénètre peut avoir séjourné auparavant dans l'eau douce pendant plusieurs jours ou plusieurs semaines et s'être donc débarrassé de ses poux.

Quelles sont les impacts génétiques possibles?

Vue d'ensemble

Les interactions écologiques et pathologiques avec le saumon d'élevage évadé peuvent influencer sur la survie et la réussite de la reproduction du saumon sauvage, aboutissant à des changements dans les caractéristiques génétiques de ce dernier. Certains changements génétiques seront importants du point de vue de l'adaptation et réduiront la survie et le succès de la reproduction chez les descendants du poisson sauvage, risquant alors de réduire le recrutement et de modifier les traits caractéristiques de la population.

Des changements peuvent survenir dans les types et les fréquences des variants au sein des populations (p. ex. groupes de saumon au sein desquels l'hybridation se fait plus ou moins au hasard mais entre lesquels l'hybridation est très limitée) qui composent le stock, ou dans la façon dont le stock est structuré en populations. Les types et fréquences de variants dans les populations, ainsi que la structuration des populations, font partie d'une réaction évolutive d'adaptation appelée adaptation locale. La perturbation de l'adaptation locale peut menacer la viabilité et les traits caractéristiques d'un stock, et réduire le recrutement.

Les interactions écologiques et pathologiques avec les saumons d'élevage évadés peuvent indirectement modifier la structure génétique adaptative des stocks de saumon sauvage. Une mortalité accrue risque de réduire le nombre réel de géniteurs dans une population et accroître la probabilité de perte au hasard de certains variants, du fait de leur absence parmi les géniteurs. Une perte de variation génétique peut aussi survenir indirectement lorsque des variants ou génotypes normalement avantageux deviennent mésadaptés et connaissent une mortalité accrue. Il est alors possible que le matériel génétique résultant dans la population présente un moindre niveau général d'adaptation ou un plus faible succès de recrutement, cela à la fois dans les nouvelles et dans les anciennes conditions environnementales.

Le recrutement peut être diminué et les traits caractéristiques du stock modifiés lorsque des saumons d'élevage évadés s'hybrident avec le stock sauvage. On peut s'attendre à ce que le poisson d'élevage ait des génotypes différents, qui sont moins bien adaptés aux

conditions environnementales propres au stock sauvage. Le degré de différenciation dans l'adaptation par rapport au stock sauvage dépendra de l'origine sauvage du poisson d'élevage, du nombre de géniteurs utilisés pour créer et maintenir le stock, du nombre de générations en élevage, de l'étendue de la sélection accidentelle et de la sélection de domestication, ainsi que du niveau de sélection délibérée destinée à améliorer des traits caractéristiques à valeur économique, comme la croissance. Les individus hybrides résultants seront adaptés, en moyenne, aux conditions intermédiaires entre le milieu sauvage et le milieu d'élevage et connaîtront une survie, un succès de reproduction et un recrutement moyens moindres que les poissons sauvages non hybrides.

Le risque d'incidences néfastes est clair. Comme les stocks sauvages sont vraisemblablement adaptés à leur environnement local, il est fort peu probable que les saumons d'élevage évadés aient sur eux une influence favorable. Les connaissances actuelles sont toutefois insuffisantes pour préciser la nature exacte et le degré des incidences néfastes pouvant être escomptées. Comme dans chaque cas les conditions environnementales et génétiques seront uniques à de nombreux égards, chaque résultat sera lui aussi unique.

Certaines généralisations sont cependant possibles. Dans les cas qui font intervenir un petit nombre d'évadés issus à l'origine de stocks sauvages locaux à forte abondance numérique, l'effet pourrait être négligeable et les changements génétiques facilement contrés par la sélection naturelle. Généralement, on peut s'attendre à ce que les incidences augmentent en même temps que les différences non génétiques et génétiques, que le degré de chevauchement écologique et que l'étendue de l'hybridation. À l'extrême, une interaction pourrait aboutir à l'élimination du stock sauvage autonome existant. Comme il est difficile de faire avancer la connaissance par des études empiriques, on peut avoir une meilleure idée du résultat réel en recourant à des modèles dynamiques, qui tiennent compte de la façon dont l'interaction de différentes variables influe sur le résultat.

Modélisation

On a utilisé un modèle du cycle biologique dans la rivière Magaguadavic, au niveau généalogique, pour prédire les incidences et évaluer les risques d'interaction génétique dans les cas où les descendants de saumons d'élevage et de saumons hybrides ont une valeur adaptative et une survie plus basses que le saumon sauvage.

Incidences prévues

Dans le modèle, une fois que le saumon d'élevage évadé était entré dans une rivière et s'était hybridé avec la population sauvage, le saumon porteur du génome sauvage naturel disparaissait rapidement pour être remplacé par une population présentant un certain degré d'introgression génétique. C'est ensuite la valeur adaptative des descendants par rapport au niveau d'introgression génétique qui déterminait le sort de cette population, celui-ci dépendant de la fréquence et du nombre d'évadés, ainsi que de l'étendue de l'hybridation.

Le développement et l'utilisation d'une souche locale de saumon d'élevage mal adaptée à la survie dans les conditions locales (traits caractéristiques peu favorables à la survie dans la nature et faible valeur adaptative) pourrait aboutir à une faible introgression génétique et rendre persistante une population qui reviendrait frayer comme poissons sauvages. Par comparaison, une souche locale étroitement liée et à bonne valeur adaptative (comme le stock domestiqué du fleuve Saint-Jean utilisé dans les Maritimes) pourrait aboutir à une plus grande introgression génétique dans la population sauvage. Les incidences sur la population seraient alors liées à la survie des descendants du poisson d'élevage par rapport au poisson sauvage; une légère réduction dans la valeur adaptative des descendants du poisson d'élevage par rapport au poisson sauvage aboutirait à la perte d'une population autonome, à un taux qui dépendrait de la survie relative et du nombre d'évadés qui continuent de s'hybrider avec les descendants revenant dans la rivière.

À une forte proportion de saumons d'élevage évadés dans la population de géniteurs correspondaient les plus fortes incidences sur le taux d'introgression et de perte de population, indépendamment de l'hybridation et de la valeur adaptative des descendants. L'ampleur de l'hybridation avait des incidences importantes quand le nombre d'évadés était bas. Cependant, les avantages d'une faible hybridation disparaissaient rapidement quand la proportion d'évadés était élevée. Quand la valeur adaptative des descendants des saumons d'élevage et des saumons hybrides était basse, les incidences s'en trouvaient grandement retardées, ce qui laissait le temps de mettre en oeuvre des mesures de conservation. Toutefois, les avantages d'une faible valeur adaptative des descendants des saumons d'élevage disparaîtraient si le nombre d'évadés et l'hybridation avec la population sauvage étaient élevés.

Sommaire des incidences prévues de l'introgression génétique en fonction de la valeur adaptative, de l'hybridation et du nombre d'évadés matures

	Faible valeur adaptative		*Forte valeur adaptative*	
	Peu d'évadés	***Nombreux évadés***	***Peu d'évadés***	***Nombreux évadés***
Faible hybridation	Taux d'introgression - / → / ++++ Perte de population sauvage 70 ans total 190 ans	Taux d'introgression + / +++ Perte de population sauvage 25 ans total 30 ans	Taux d'introgression + → Perte de population sauvage 35 ans total 160 ans	Taux d'introgression ++++ Perte de population sauvage 20 ans total 40 ans
Forte hybridation	Taux d'introgression - / ++++ Perte de population sauvage 50 ans total 60 ans	Taux d'introgression ++ / ++++ Perte de population sauvage 20 ans total 30 ans	Taux d'introgression +++ Perte de population sauvage 25 ans total 75 ans	Taux d'introgression ++++ Perte de population sauvage 15 ans total 35 ans

Notation : déclin (-), augmentation, de lente à rapide (+ à ++++), stabilité ou changement progressif (→). Les années avant la perte de population sont indiquées à des fins de comparaison relative entre les cellules.

Niveaux requis pour la conservation

Dans le modèle, la perte du génome sauvage naturel ne signifiait pas nécessairement qu'une population sauvage autonome ne pouvait subsister; elle nécessitait toutefois qu'on prenne des mesures de gestion pour arrêter les interactions génétiques. En empêchant l'hybridation, on parvenait bien à protéger le génome sauvage naturel. Si cela n'était pas possible, la meilleure stratégie de

conservation consistait à tenir l'introgression génétique dans la population aussi basse que possible. Les incidences de la présence de géniteurs évadés des élevages étaient réduites quand on prenait des mesures rapides pour éliminer les évadés ou pour empêcher l'hybridation.

L'évaluation des risques a fait ressortir la nécessité de réduire considérablement les délais de mise en oeuvre des mesures de conservation. Cela permettrait de maintenir une population à introgression génétique suffisamment basse pour empêcher la perte totale de la population après arrêt de l'hybridation. Une intervention rapide se révélait particulièrement importante compte tenu des niveaux de géniteurs évadés des élevages qui ont été récemment enregistrés dans la Magaguadavic (> 50 % de la population totale). L'évasion de saumons juvéniles des écloseries commerciales et leur retour comme géniteurs accélérerait grandement l'accroissement de l'introgression génétique et la perte de population, et compliquerait la mise en oeuvre de mesures de conservation si elle n'était pas maîtrisée. Une hausse du faible taux de maturation sexuelle des saumons d'élevage évadés dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick (<20%) accroîtrait aussi de beaucoup les incidences sur la population.

La proportion de géniteurs d'élevage et, dans certains cas, l'étendue de l'hybridation, ont été considérés comme des paramètres cruciaux, alors que, par comparaison, les différences dans la valeur adaptative des descendants avaient moins de répercussions. Par conséquent, des mesures qui réduiraient considérablement le nombre d'évadés ou la probabilité d'hybridation seraient à envisager dans les décisions liées à la conservation d'une population qui a des interactions avec des évadés.

Un meilleur confinement dans les cages diminuerait la fréquence et le nombre des évasions, mais il aurait uniquement pour effet de ralentir les phénomènes; l'introgression génétique finirait par augmenter suffisamment pour mener à la perte de la population autonome. L'exclusion des saumons d'élevage évadés par retrait à l'embouchure d'une rivière ne serait efficace que si on y recourait dès les premiers indices d'hybridation avec une population sauvage. L'utilisation de poissons stériles, comme les triploïdes, en aquaculture serait probablement le moyen le plus efficace d'empêcher une introgression génétique à grande échelle, mais elle n'éliminerait pas les risques d'interactions écologiques.

Deux principaux résultats, appelant à la prudence, ont été obtenus : 1) les effectifs de population importants peuvent masquer des problèmes graves de viabilité à long terme de la population et 2) l'introgression génétique de gènes pouvant être mésadaptés peut survenir rapidement et ne peut être renversée. On ne connaît pas les répercussions de l'existence persistante de très faibles niveaux d'introgression génétique dans la population, mais il est possible qu'elles aient peu d'effet sur la valeur adaptative de la population à long terme. Toutefois, jusqu'à ce qu'on ait des preuves empiriques à ce sujet, une stratégie de prudence réduirait au minimum l'introgression de gènes étrangers dans les populations naturelles.

Quelles sont les conventions, mesures réglementaires et politiques?

Conventions et obligations internationales

Les conventions et ententes internationales se classent fondamentalement dans deux catégories : 1) celles qui visent essentiellement la conservation et l'utilisation durable des ressources aquatiques et 2) celles qui établissent des normes de commerce. Les ententes internationales tentent aussi d'établir un régime et des normes d'exploitation uniformes pour l'industrie. Les normes relatives à la santé des animaux ont été fixées par l'Office international des épizooties (Paris) et les mesures de protection de la santé des animaux, des plantes et des humains ont été élaborées dans l'Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce et dans l'Accord de libre-échange nord-américain.

Le Canada a ratifié la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique, qui exige qu'il voie à la conservation et à l'utilisation durable des ressources biologiques, ainsi qu'à l'utilisation durable des composantes de la diversité biologique. Une obligation impérative incombe au ministère des Pêches et des Océans (MPO) : celle de se conformer à la stratégie de prudence adoptée dans le cadre de l'Accord des Nations Unies sur les stocks chevauchants et les stocks de poissons grands migrateurs et à l'entente sur l'adoption d'une stratégie de prudence de l'Organisation pour la conservation du saumon de l'Atlantique Nord (NASCO). Le Canada a également adopté et s'est engagé à mettre en oeuvre les protocoles de NASCO sur l'implantation et les transferts de salmonidés. Ces protocoles sont à la base de la politique du MPO en matière d'implantations et de transferts dans l'est du Canada. Ils sont conformes à la stratégie de prudence et à la résolution prise à Oslo par la NASCO en vue de réduire les incidences de l'aquaculture du saumon sur les stocks de saumon sauvage. Aux termes de ces accords internationaux, le Canada a l'obligation de prendre les mesures nécessaires pour réduire les effets négatifs des activités d'aquaculture sur les stocks de saumon sauvage.

Responsabilités et mesures réglementaires fédérales

Le MPO et d'autres ministères du gouvernement fédéral administrent les lois liées à la protection et à la conservation du poisson et de son habitat ainsi qu'au transport et au commerce du poisson et des produits connexes. Des règlements sont établis en vertu de ces lois. Bien que l'aquaculture ne soit pas considérée comme une pêche aux termes de la *Loi sur les pêches*, elle est visée par les dispositions de cette loi qui concernent la gestion des ressources. Le gouvernement fédéral assume aussi le rôle de chef de file dans la recherche sur l'aquaculture.

En vertu de la *Loi sur les pêches* et du *Règlement de pêche (dispositions générales)*, qui en découle, le MPO autorise la collecte de poissons dans les stocks sauvages aux fins d'empoissonnement ou d'élevage artificiel, le largage de poissons vivants dans l'habitat du poisson et le transfert de poissons vivants

à des installations d'élevage du poisson au sein d'une province ainsi que d'une province à une autre. Les demandes connexes sont examinées par des comités fédéreaux et provinciaux sur l'implantation et le transfert d'espèces (présidés par le MPO) dans chacune des provinces Maritimes. La *Loi sur les pêches* confère aussi au gouvernement fédéral la responsabilité de protéger l'habitat du poisson.

Le gouvernement fédéral est également chargé d'appliquer le *Règlement sur la protection de la santé du poisson*, qui exige que toutes les expéditions de salmonidés vivants (y compris les oeufs) vers le Canada ou entre les provinces proviennent d'installations certifiées exemptes de certaines maladies nommées et soient accompagnées d'un permis d'importation. C'est grâce à ce système de permis que le MPO gère la circulation des salmonidés et qu'il peut imposer des mesures pour réduire les incidences de l'élevage du poisson sur les stocks sauvages.

Le gouvernement fédéral doit aussi s'assurer que les vaccins, médicaments, pesticides et produits chimiques employés en aquaculture ne sont pas nuisibles pour la santé des humains, des animaux et de l'environnement. Il s'acquitte de cette responsabilité aux termes de la *Loi sur la santé des animaux*, de la *Loi sur les aliments et les drogues*, de la *Loi sur les produits antiparasitaires*, et de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*. Les questions de navigation associées à l'emplacement des sites d'aquaculture sont régies par la *Loi sur la protection des eaux navigables*, qui est administrée par la Garde côtière canadienne (MPO).

Responsabilités et mesures réglementaires provinciales

Le poisson d'élevage étant un bien de propriété privée, il relève, de par la Constitution, de la compétence provinciale.

À l'Île-du-Prince-Édouard, le MPO, de concert avec la province, délivre les permis et les baux aquacoles. En Nouvelle-Écosse et au Nouveau-Brunswick, ce sont les ministères des Pêches et de l'Aquaculture de ces provinces qui s'acquittent de cette responsabilité, aux termes de protocoles d'entente sur le développement de l'aquaculture.

Le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse ont adopté des lois qui régissent l'aquaculture. Au Nouveau-Brunswick, il s'agit de la *Loi sur l'aquaculture*. En Nouvelle-Écosse, l'aquaculture est régie par la *Fisheries and Coastal Resources Act* (qui remplace l'ancien *Aquaculture Act* de la province). Toutes ces lois confèrent le pouvoir d'octroyer des permis et des baux, et traitent aussi des conditions dont ceux-ci peuvent être assortis. Les provinces en question doivent soumettre toutes les demandes d'activités aquacoles à l'examen et revue par des organismes du gouvernement fédéral. Au Nouveau-Brunswick, le MPO fait partie du comité d'évaluation des sites aquacoles, qu'il copréside et qui traite des demandes d'implantation de sites de mariculture. Ce comité formule des recommandations à l'intention du ministre provincial des Pêches et de l'Aquaculture, à qui revient le pouvoir

ultime de décision sur les demandes d'implantation de sites.

Tant le Nouveau-Brunswick que la Nouvelle-Écosse surveillent et diagnostiquent les maladies du poisson en vertu des règlements sur la santé du poisson découlant de leurs lois respectives. Le règlement établi aux termes de la *Loi sur l'aquaculture,* au Nouveau-Brunswick, interdit le transfert de poisson des écloseries à des sites de mariculture si ce poisson est atteint de furonculose ou de maladie rénale bactérienne, sauf sous autorisation écrite. Le règlement sur l'aquaculture en Nouvelle-Écosse exige un permis pour le transfert de salmonidés à des fins d'aquaculture.

Des organismes provinciaux participent dans chaque province aux comités sur les implantations et transferts d'espèces présidés par le gouvernement fédéral. Par ailleurs, les installations d'élevage en eau douce, y compris les écloseries, doivent obtenir des permis d'utilisation de l'eau et doivent se soumettre à un examen environnemental effectué par un organisme provincial en vertu de la *Loi sur l'assainissement de l'eau* au Nouveau-Brunswick, de la *Environment Act* en Nouvelle-Ecosse et de la *Environmental Protection Act* à l'Île-du-Prince-Édouard.

Quels sont les moyens scientifiques d'atténuation des incidences?

Maintien des populations de géniteurs du saumon sauvage à des niveaux supérieurs à ceux qu'exigent la conservation

Le maintien de populations sauvages « saines » constitue une barrière de protection importante contre les interactions avec le saumon d'élevage. Les populations peu abondantes sont particulièrement vulnérables à l'intrusion génétique et aux changements ou perturbations écologiques résultant des activités d'aquaculture et de l'évasion de saumons. À l'heure actuelle, le risque d'incidences néfastes est exacerbé par le bas niveau des stocks de saumon sauvage dans les régions des provinces Maritimes où sont situés les élevages de saumon. La situation la plus critique est celle des stocks de saumon sauvage de la baie de Fundy, qui se situent à 25 % ou moins des niveaux requis pour la conservation. De nombreux stocks de l'arrière-baie de Fundy ont chuté considérablement au cours de la dernière décennie et sont tombés à des niveaux dangereusement bas; certains pourraient avoir disparu.

Amélioration du confinement

L'amélioration du confinement du poisson est vue comme un moyen de réduire l'étendue des problèmes environnementaux possibles. Pour ce qui est de la gestion du risque, une telle mesure vise à régler directement le problème de l'évasion des saumons domestiqués. Pour les gestionnaires des stocks de saumon, un nombre moindre de saumons évadés diminue le risque d'interactions néfastes de ces derniers avec les stocks sauvages.

Cette mesure, si elle était poussée plus avant, devrait tenir compte de l'ébauche d'un code de pratique développé par le MPO pour le confinement des souches non locales de salmonidés dans les cages de mariculture des provinces de l'Atlantique, qui propose des normes pour les filets, les cages et les ancrages, ainsi que des normes de

manutention et des mesures d'urgence. L'ébauche du code en question a été rédigée en avril 1997, en collaboration avec les autorités provinciales, l'industrie, les fabricants et les assureurs.

L'objectif d'un *Code de pratique* est d'abaisser le nombre de saumons qui s'évadent des élevages et des écloseries. Un code efficace permettrait de réduire à la fois les pertes de cage entière et les pertes occasionnelles dont on sait qu'elles se produisent. Une bonne façon de faire consiste à cerner les causes et les moyens d'évasion du poisson, et à adopter des pratiques qui réduisent le risque d'évasion. Un système de vérification devrait être mis en place pour qu'on puisse s'assurer du respect du code.

L'application d'un *Code de pratique* efficace est une méthode éprouvée de réduction du risque. Les autorités norvégiennes ont constaté que le nombre de saumons évadés diminuait considérablement quand on se conformait à des normes de dimensions, d'ancrage, d'opération et de sélection des emplacements des élevages de poisson. Des mesures comparables ont été amorcées et/ou adoptés à l'échelle provinciale en Colombie-Britannique et à Terre-Neuve, ainsi que dans d'autres pays où on élève du saumon.

Choix de l'emplacement des élevages et écloseries

Une option pour réduire les interactions possibles entre le saumon sauvage et le saumon d'élevage, serait d'implanter les écloseries qui élèvent du poisson domestiqué en eau douce, sans accès au milieu marin. Cette solution se fonde sur les preuves d'évasion de saumons juvéniles d'écloseries commerciales dans certaines rivières à saumon du sud-ouest du Nouveau-Brunswick. On réduirait ainsi les interactions directes possibles avec les juvéniles sauvages et les risques d'hybridation du saumon d'élevage adulte qui remonte les rivières avec le poisson sauvage.

Il conviendrait d'éviter de placer les cages destinées à l'affinage du saumon adulte et à l'acclimatation dans les rivières à saumon ou près de l'embouchure de celles-ci, parce qu'il n'est pas possible d'obtenir un confinement complet et que même si cela l'était, le risque d'interaction écologique ou de transmission de maladie entre le saumon d'élevage et le saumon sauvage ne serait pas pour autant éliminé. Les interactions écologiques, pathologiques et génétiques possibles seraient plus grandes si des saumons s'évadaient de cages installées dans des rivières plutôt que dans la mer, compte tenu des pertes connues se produisant en mer et de la possibilité d'une plus grande dispersion des évadés des cages en mer.

L'emplacement à haute densité de cages d'affinage de saumons sur des trajets de migration connus du saumon sauvage en eau saumâtre et en milieu marin devrait être évalué. Il se peut que des couloirs de migration adéquats soient nécessaires pour réduire les pertes possibles par des prédateurs attirés par les cages et les risques de transmission de maladies aux saumons d'élevage et par ces derniers.

Il y aurait également lieu de recourir à la planification des sites des élevages et des écloseries pour réduire les interactions et les

risques d'incidences écologiques, pathologiques et génétiques néfastes sur les stocks de saumon sauvage.

Utilisation des stocks locaux

On continuer de prôner l'utilisation stricte des souches aquacoles provenant des stocks locaux de saumon sauvage pour protéger le fonds génétique des stocks de saumon sauvage qui ont pu être touchés par les évasions de saumons d'écloseries ou d'élevages marins. L'utilisation des souches européennes continue d'être interdite à moins qu'on puisse garantir un confinement complet ou rendre sexuellement stérile tout le poisson produit. L'utilisation des stocks locaux et l'interdiction visant les souches d'origine européenne sont conformes aux protocoles de la NASCO pour la zone relevant de la Commission nord-américaine.

Stérilisation

Le confinement « génétique » du poisson peut être réalisé de deux façons : on peut soit confiner matériellement les individus, soit confiner leur matériel génétique (par la stérilisation). Quoiqu'une variété de techniques soit disponible pour la stérilisation, la seule méthode applicable actuellement à une échelle commerciale est la triploïdisation. Des essais à échelle réduite réalisés au Nouveau-Brunswick et ailleurs se sont généralement soldés par une baisse de la survie et de la croissance des triploïdes en mer, et par une plus forte incidence de difformités de la mâchoire par rapport au saumon normal (diploïde). Ces résultats ne sont toutefois pas constants et on trouve des exemples de réussite (à parité avec des diploïdes) dans certains cas. Cela semble indiquer que les paramètres d'élevage optimaux des triploïdes restent à déterminer.

Production de saumons d'élevage sains

Le maintien des saumons d'élevage en bonne santé finira par réduire les risques de transmission de maladies au poisson sauvage. Des programmes de vaccination ont réussi à limiter les effets de plusieurs maladies bactériennes sur les élevages de poisson.

On sait aussi que l'introduction d'une maladie exotique pourrait menacer sérieusement le saumon d'élevage, voire le saumon sauvage. Le transfert de poissons vivants comporte le plus haut risque d'introduction de maladies exotiques dans une nouvelle région. Les règlements qui sont en place ont contribué à réduire le risque d'introduction de maladies exotiques au Canada.

Pour ce qui est de la santé du poisson, diverses initiatives sont en voie d'être prises pour réduire les problèmes possibles dans les élevages. Citons notamment l'élaboration de codes de pratique par l'industrie, les initiatives provinciales en matière d'élaboration et de mise en oeuvre de programmes de santé du poisson et, pour ce qui est du gouvernement fédéral, la refonte du *Règlement sur la protection de la santé du poisson*. Divers autres moyens jugés nécessaires pour renforcer les programmes actuels sur la santé du poisson, incluent une indemnisation adéquate dans les cas où du poisson doit être détruit après détection d'une maladie exotique, l'élaboration d'outils de diagnostic plus sensibles, la

surveillance des maladies chez les stocks sauvages et la déclaration obligatoire des maladies exotiques. On sait que le nombre limité de moyens thérapeutiques restreint la capacité des éleveurs à gérer les conséquences des maladies.

Recapture des évadés

La recapture des évadés peut être un moyen efficace de réduire le nombre de ces derniers. Toute réussite à cet égard sera profitable aux stocks sauvages. On croit que les saumons qui s'évadent des élevages se dispersent peu de temps après. Par conséquent, toute mesure visant à les recapturer devrait être prise dès qu'on a découvert l'évasion. Il y aurait lieu d'envisager des plans d'urgence pour la recapture des évadés.

Amélioration de la formation et de l'éducation

Une meilleure formation et éducation, et la délivrance possible de certificats de compétences en pratiques d'élevage et techniques connexes aux travailleurs en aquaculture devraient avoir pour effet d'améliorer l'efficacité des activités d'aquaculture, d'aboutir à la production de poisson en meilleure santé et de réduire les évasions dues aux accidents qui se produisent dans les activités d'élevage courantes. Par ailleurs, une plus grande sensibilisation aux conséquences possibles des évasions des écloseries et élevages pourrait contribuer à diminuer le nombre de ces évasions.

Signalement des évasions

Actuellement, dans les Maritimes, il n'y a pas de mécanisme officiel de signalement des évasions par l'industrie. On discute de la possibilité d'adopter des protocoles de signalement, qui seraient profitables à la fois à l'industrie aquacole et aux stocks sauvages. Le signalement des évasions permettrait d'identifier les opérations et les endroits où le nombre d'évadés est excessif. L'obtention de données sur les évasions devrait déboucher sur une plus grande sensibilité aux problèmes et aboutir à l'élaboration de solutions ainsi qu'à la diminution du nombre d'évadés. Le signalement immédiat des évasions constituerait une alerte rapide et pourrait donner l'occasion de mettre en oeuvre des mesures correctives spéciales (p. ex. une surveillance plus attentive dans certaines rivières et le retrait des évadés).

Application plus stricte de la réglementation

La surveillance des activités autorisées et l'application plus stricte de la réglementation actuelle sont essentielles à la protection du saumon sauvage et des autres ressources halieutiques. Il faut notamment prêter immédiatement attention à toute présence signalée de saumons juvéniles d'origine aquacole en aval des écloseries commerciales de saumon dans les rivières où ont lieu des montaisons de saumon sauvage. Il faut aussi faire respecter les conditions de permis concernant la génétique (origine du stock) des poissons en voie de transfert.

Blocage de l'entrée des rivières

Le blocage de l'entrée des rivières pour empêcher l'accès des saumons d'élevage évadés est une mesure qui est appliquée actuellement au Nouveau-Brunswick, aux pièges des passes migratoires des rivières Magaguadavic et St. Croix et au barrage de Mactaquac, sur le fleuve Saint-Jean. On préconise le blocage avec des barrières de dénombrement dans toutes les rivières qui ont des stocks uniques dans lesquels les évadés représentent une proportion importante des montaisons totales. Cette mesure ne sera pas parfaite, en raison du malfonctionnement occasionnel des barrières, mais le blocage, associé à l'application de politiques de confinement dans les écloseries de l'industrie situées dans les rivières, pourrait permettre d'identifier et de retirer tous les évadés présents parmi le poisson manipulé. Des dispositifs de blocage du saumon d'élevage évadé ont été installés dans certaines rivières de l'état du Maine.

Stockage de gènes

Le stockage de gènes peut être une barrière contre la perte totale de données génétiques. La technique comprend la cryopréservation des gamètes mâles et le stockage des gènes vivants. Dans l'état du Maine, on conserve ainsi plusieurs gènes vivants de stocks de saumon sauvage. En raison des niveaux critiquement bas des stocks, on a entrepris le stockage de gènes dans une rivière de l'arrière-baie de Fundy, au Nouveau-Brunswick et une en Nouvelle-Écosse. On envisage aussi de recourir à la cryopréservation pour préserver les gènes des stocks en question et des autres stocks de l'arrière-baie de Fundy. Cette technique est appliquée depuis 1998 au stock de la rivière Magaguadavic.

Considérations de gestion

L'évidence existe que des saumons d'élevage s'échappent dans l'écosystème marin et remontent ensuite les rivières. L'évidence existe aussi que des saumons d'élevage juvéniles pénètrent directement dans les rivières, pour migrer ensuite vers la mer. On n'a pas examiné les impacts de ces phénomènes dans le Canada atlantique et, quoiqu'on en ait une idée à l'échelle locale, l'absence de recherches empêche d'en arriver à des conclusions. Ces interactions locales, la preuve d'interactions génétiques et comportementales entre le saumon évadé et le saumon sauvage en Europe, les prévisions fournies par un modèle régional d'évaluation des risques, et l'existence possible d'interactions néfastes justifient le **recours à la stratégie de prudence**, décrite et préconisée par la NASCO, dans la gestion correspondante des stocks de saumon des Maritimes et de leur interaction avec le saumon d'élevage évadé. Le bas niveau des stocks dans plusieurs rivières, qui pourrait avoir de multiples causes, milite également en faveur de la prudence.

Compte tenu des interactions possibles entre le saumon sauvage et le saumon d'élevage, il est **nécessaire de gérer tout bassin hydrographique et ses baies comme une seule et même unité de gestion** (p. ex. , baie Passamaquoddy, bassin d'Annnapolis, lacs Bras d'Or), en faisant travailler de concert tous ceux qui sont concernés par le saumon sauvage ou le saumon d'élevage dans la région. Dans le cas de l'ouest de la baie de

Fundy, cela engloberait aussi les intervenants du côté américain de la frontière.

D'autres mesures sont à envisager en priorité pour réduire les risques d'interactions entre le saumon sauvage et le saumon d'élevage :

- Améliorer le confinement, en commençant par l'élaboration et la mise en oeuvre de codes de pratique, comportant des plans d'urgence et un système de signalement des évasions;
- Améliorer la gestion de la santé du poisson, en commençant par l'achèvement de la refonte du *Règlement sur la protection de la santé du poisson* ainsi que l'achèvement et la mise en oeuvre de codes de pratique provinciaux, comportant des plans d'urgence et un système de signalement de certaines maladies;
- Revoir la politique sur les implantations et transferts de poissons, et améliorer les mesures d'application connexes;
- Améliorer l'éducation et la formation des travailleurs en aquaculture, en particulier en ce qui a trait au confinement et à la gestion des élevages et écloseries;
- Tenir les stocks sauvages aux niveaux requis pour la conservation ou au-dessus de ces niveaux;
- Continuer à utiliser les stocks locaux comme donneurs dans les opérations actuelles d'aquaculture, ou utiliser d'autres souches si elles ont été rendues stériles ou qu'elles ont été convenablement confinées;
- Intégrer des analyses de risques au processus de sélection des sites des écloseries et installations d'élevage.

Recommandations de travaux de recherche

Malgré les preuves locales d'interactions entre le saumon d'élevage et le saumon sauvage, on n'a pas étudié les incidences possibles de ces interactions dans les provinces Maritimes. Faute de recherches scientifiques, on n'a pu en évaluer les incidences locales. On recommande donc que des travaux de recherche soient entrepris dans les domaines suivants :

- Élaboration de méthodes d'analyse des risques et application de ces dernières à l'évaluation des incidences possibles sur les stocks de saumon sauvage;
- Étude des interactions entre le saumon sauvage et le saumon d'élevage dans les milieux marins et les milieux d'eau douce, et évaluation des incidences sur le saumon sauvage;
- Étude du comportement et du sort des saumons qui s'échappent des installations de mariculture.

D'autres travaux de recherche mériteraient d'être effectués, notamment les suivants :

- Élaboration et mise à l'essai de principes d'ingénierie et de conception afin d'améliorer le confinement dans les installations de mariculture et les écloseries d'eau douce;
- Élaboration de techniques de production de saumon stérile se prêtant à l'élevage;
- Accélération de l'amélioration génétique des souches locales de saumon d'élevage par la technologie moléculaire;
- Amélioration de l'information et de la méthodologie ayant trait à la santé du

poisson (en particulier en ce qui concerne l'état de santé du saumon sauvage, les mécanismes de transmission des maladies et le diagnostic).

Pour obtenir de plus amples renseignements,

communiquer avec :

John Ritter
Division des poissons diadromes
C. P.5030
Moncton (N.-B.)
E1C 9B6

TÉL. : 506-851-2945
FAX : 506-851-2147
Courriel : Ritterja@mar.dfo-mpo.gc.ca

James E. Stewart
Division des sciences du milieu marin
Institut océanographique de Bedford
C. P.1006
Dartmouth (N.-É.)
B2Y 4A2

TÉL. : 902-426-8145
FAX : 902-426-8484
Courriel : StewartJE@mar.dfo-mpo.gc.ca

Gilles L. Lacroix
Division des sciences du milieu marin
Station biologique de St. Andrews
St. Andrews (N.-B.)
E0G 2X0

TÉL. : 506-529-8854
FAX : 506-529-5862
Courriel : lacroixg@mar.dfo-mpo.gc.ca

Références

Amiro, P.G. 1998. An assessment of the possible impact of salmon aquaculture on Inner Bay of Fundy Atlantic salmon stocks. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/163.

Bailey, J. 1998. Options for containment of farmed Atlantic salmon. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/165.

Baum, E.T. 1998. History and description of the Atlantic salmon aquaculture industry in Maine. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/152.

Benfey, T.J. 1998. Use of triploid Atlantic salmon (*Salmo salar*) for aquaculture. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/166.

Chang, B.D. 1998. The salmon aquaculture industry in the Maritime Provinces. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/151.

Chaput, G. 1998. Status of wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) stocks in the Maritime Provinces. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/153.

Glebe, B.D. 1998. East coast salmon aquaculture breeding programs: history and future. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/157.

Lacroix, G.L. and I.A. Fleming. 1998. Ecological and behavioural interactions

between farmed and wild Atlantic salmon: consequences for wild salmon. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/162.

Lacroix, G.L., J. Korman, and D.D. Heath. 1998. Genetic introgression of the domestic Atlantic salmon genome into wild populations: a simulation of requirements for conservation. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/158.

MacKinnon, A-M., M. Campbell and G. Olivier. 1998. Overview of fish disease agents in cultivated and wild salmonid populations in the Maritimes. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/160.

McVicar, A.H. 1998. A review of the potential effects of salmon lice among aquaculture salmon on wild salmon. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/161.

McVicar, A.H. 1998. Options for controlling disease and improving health in farmed salmon, as a means of reducing risks posed by escapes. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/167.

Olivier, G. and A-M. MacKinnon. 1998. A review of potential impacts on wild salmon stocks from diseases attributed to farmed salmon operations. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/159.

O'Neil, S.F. 1998. Atlantic salmon aquaculture escapees and occurrence in rivers of the Maritime Provinces. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/154.

Porter, R., T. Carey, D. Harris, and K. Coombs. 1998. A review of existing conventions, regulations, and policies pertaining to the control and minimization of negative impacts from aquaculture on wild salmonid stocks. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/164.

St.-Hilaire, S., M.L. Kent, and G.K. Iwama. 1998. Factors affecting the health of farmed and wild fish populations: a perspective from British Columbia. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/168.

Ritter, J.A. 1998. A review and assessment of mitigative measures to eliminate or minimize potential impacts of farmed operations on wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) stocks. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/169.

Verspoor, E. 1998. Genetic impacts on wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) stocks from escaped farm conspecifics: an assessment of risk. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/156.

Whoriskey, F.G., G.L. Lacroix, J. Carr, and M.J. Stokesbury. 1998. A review and update of aquaculture impact studies carried out on the Magaguadavic River, southern Bay of Fundy, New Brunswick. Min. des Pêches et des Océans, Secr. can. pour l'éval. des stocks, doc. de rech. 98/155.

Distribué par le :

Bureau du processus consultatif de la Région des Maritimes
Ministère des Pêches et des Océans
C.P. 1006, Succ. B203
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
Canada B2Y 4A2
Téléphone : 902-426-7070
Courriel : myrav@mar.dfo-mpo.gc.ca

An English version is available on request at the above address.

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO, 1999. Interactions entre le saumon atlantique sauvage et le saumon atlantique d'élevage dans les provinces Maritimes. MPO – Maritimes, Rapport régional sur l'état de l'habitat 99/1F